

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

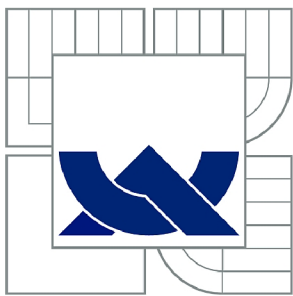
PLC KÓD PRO DIAGNOSTIKU KOMUNIKACE ZAŘÍZENÍ NA SÍTI
PROFIBUS-DP

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

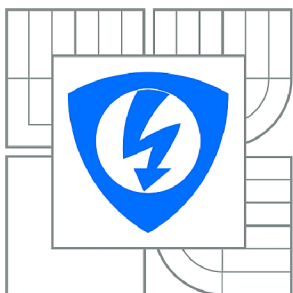
MICHAL BOŽA

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

PLC KÓD PRO DIAGNOSTIKU KOMUNIKACE ZAŘÍZENÍ NA SÍTI PROFIBUS-DP

PLC CODE FOR COMMUNICATION DIAGNOSTICS ON THE NETWORK PROFIBUS-DP

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

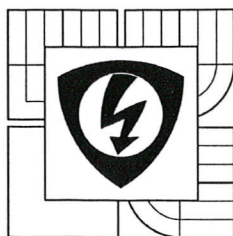
MICHAL BOĎA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PÁSEK, CSc.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Michal Boďa

Ročník: 3

ID: 154681

Akademický rok: 2014/15

NÁZEV TÉMATU:

PLC kód pro diagnostiku komunikace zařízení na síti PROFIBUS-DP

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Popište komunikace, pro které se má funkce vytvořit a služby, které má funkce poskytovat.
2. Navrhněte koncepci diagnostického modulu.
3. Vytvořte program diagnostických funkcí a služeb modulu v PLC Simatic.
4. Vytvořte strukturu oken pro ovládání a vizualizaci (HMI) diagnostického modulu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Firemní dokumentace společnosti SPX s.r.o.
Manuály firmy Siemens

Termín zadání: 9. 2. 2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Jan Pásek, CSc.

Konzultanti bakalářské práce: Ing. Sobotka Milan

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Hlavnou úlohou tejto bakalárskej práce je diagnostikovať komunikáciu zariadení na sieti Profibus DP. Následne signalizovať prípadné poruchy ako odpojené zariadenie alebo chýbajúce moduly zariadenia. V prvej časti sú popísané siete, na ktorých bude systém komunikovať a stručný popis zariadení, ktoré budú diagnostikované. V ďalšej časti je popis diagnostického programu a jeho vývojový diagram. V poslednej časti sa práca venuje vizualizácii diagnostického programu, rozloženiu okien a celkovému dizajnu.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

Profibus DP, diagnostika, STEP 7, WinCC

ABSTRACT

The main object of my bachelor work is to diagnose communication of devices on the network Profibus DP. Consequently to signalize potential failures such as disconnected device or missing moduls. In the first part of my work there are the networks described, in which the system will communicate and also summary description of equipments, which will be diagnosed. In the next part of my work there is description of diagnosed program and flowchart. In the last part, my semestral work is talking about visualization of diagnostic program, collocation of windows and of entire design.

KEYWORDS

Profibus DP, diagnostic, STEP 7, WinCC

BOĎA, MICHAL *PLC kód pre diagnostiku komunikácie zariadení na sieti PROFIBUS-DP*: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií, Ústav automatizace a měřící techniky, 2015. 52 s. Vedúci práce bol prof. Ing. JAN PÁSEK, CSc.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu na tému „PLC kód pre diagnostiku komunikácie zariadení na sieti PROFIBUS-DP“ vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce, využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/nebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), vo znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákoníka č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu semestrálnej práce pánovi Ing. Jánovi Páskovi, CSc. a taktiež pánovi Ing. Milanovi Sobotkovi za ich odborné vedenie, konzultácie, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci.

Brno

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	10
1 Popis komunikácie	11
1.1 Profibus DP	11
1.1.1 Fyzická vrstva	11
1.1.2 Linková vrstva	12
1.1.3 Aplikačná vrstva	13
1.2 Komunikácia s PC	14
1.3 Porovnanie (Profibus vs Profinet)	15
1.3.1 Profinet	15
1.3.2 Profibus	15
2 Popis Zariadení na sieti profibus	16
2.1 SIMATIC ET 200S	16
2.1.1 Diagnostika stanice (Station status)	18
2.1.2 Diagnostika modulov (Identifier-related diagnostics)	18
2.1.3 Modul status	19
2.2 SIEMENS DP/PA Link + Coupler	21
2.3 FESTO CPX Terminál	21
2.3.1 Uzol zbernice CPX-FB13	22
2.3.2 Štruktúra diagnostiky CPX Terminálu	22
2.3.3 Diagnostika modulov (Device-related diagnosis)	23
2.4 SIEMENS Micromaster 420	24
2.4.1 Technické parametre modulu	25
3 Diagnostika	26
3.1 Prečo diagnostikovať	26
3.2 Diagnostikovateľné poruchy	26
3.3 Výsledky diagnostiky	26
3.4 Diagnostika v prostredí SIMATIC STEP 7	27
3.4.1 STEP 7	27
3.4.2 OB86 Rack failure	28
3.4.3 SFC13 „DPNRM_DG“ (Slave Diagnostics)	29
4 Diagnostický program	31
4.1 Vývojový diagram	31
4.2 Postup	32
4.3 Načítanie vstupných dát a detekcia porúch	32

4.4	Identifikácia chybných zariadení	33
4.5	Volanie diagnostiky (SFC13)	34
4.5.1	FC2	34
4.5.2	FC3	35
4.6	Zápis získaných dát	35
4.6.1	Signalizačné bity porúch	35
4.6.2	Uloženie adries	35
4.6.3	Dáta z diagnostiky (SFC13)	36
4.6.4	Záloha dát	37
5	Hardvérová konfigurácia	39
6	Sieťová konfigurácia	41
7	Vizualizácia	42
7.1	WinCC flexible	42
7.2	Hlavná obrazovka	42
7.3	Detail chybného zariadenia	44
7.4	Prehľad siete	45
8	Laboratórny prípravok	46
9	Závěr	48
	Literatúra	49
	Zoznam symbolov, veličín a skratiek	50
	Zoznam príloh	51
A	Obsah priloženého CD	52
A.1	Program z PLC a vizualizácia	52
A.1.1	Verzie programov použité pri tvorbe diagnostiky:	52
A.2	Výpis programu	52

ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Zjednodušený model OSI[1]	11
1.2	Konektor Sub-d	12
1.3	Príklad siete PROFIBUS DP[5]	13
1.4	PC Adapter USB[11]	14
2.1	Zapojenie zariadení na sieti Profibus DP[3]	16
2.2	ET 200S[5]	17
2.3	Štruktúra diagnostických dát pre ET200s[5]	17
2.4	Identifier-related diagnostics[5]	19
2.5	„Modul status“ diagnostika[5]	20
2.6	DP/PA Link + Coupler[7]	21
2.7	FESTO CPX Terminál [8]	22
2.8	Štruktúra diagnostiky pre CPX Terminál[8]	23
2.9	Micromaster 420[13]	24
2.10	Rozširovací modul PROFIBUS DP[13]	25
3.1	Volanie SFC13 pre ET200s	30
4.1	Vývojový diagram diagnostického programu	31
4.2	Tok diagnostických dát[10]	32
4.3	Identifikácia Master zariadenia	33
4.4	Ukážka z funkcie FC2	34
4.5	CSV súbor: Alarmy v programe Excel	37
5.1	Hardwarová konfigurácia	39
5.2	Hardvérový editor v SIMATIC Manageri	39
5.3	Nastavenia projektu	40
5.4	Jazyk projektu	40
6.1	Sieťová konfigurácia v STEP 7	41
6.2	Spustenie editora pre sieťovú konfiguráciu	41
7.1	Komunikácia WinCC a Step7	42
7.2	Úvodná obrazovka	43
7.3	Porucha na zariadení ET200s	44
7.4	Prehľad siete Profibus DP	45
8.1	PLC s frekvenčným meničom a ET200s	46
8.2	Laboratórny prípravok	47

ZOZNAM TABULIEK

1.1	LED signalizácia PC Adaptéru USB[11]	14
2.1	Station status 1 (byte 0)[5]	18
2.2	Stav stanice (Station status 1)[8]	23
2.3	Prehľad diagnostiky modulov (pevná dĺžka 16 bytov)[8]	24
3.1	Chybové bloky OB82 až OB87[9]	27
3.2	Dočasné premenné bloku OB86[9]	28
3.3	Premenná identifikujúca nekomunikujúce zariadenie[9]	28
3.4	Premenné systémovej funkcie SFC13[9]	29
4.1	Signalizačné premenné, OB86	35
4.2	Adresy zariadení pripojených na Profibus sieť	36
4.3	Dátový priestor pre jednotlivé adresy	36
4.4	Diagnostické dáta modulov ET200s	36
4.5	Diagnostické dáta modulov CPX Terminálu	37
4.6	Štruktúra log súboru v CSV formáte [12]	38

ÚVOD

Táto semestrálna práca sa venuje oblasti diagnostiky zariadení na sieti PROFIBUS DP¹ pomocou PLC . V oblasti priemyslu sa používajú veľmi zložité riadiace systémy, ktoré obsahujú množstvo prvkov ako senzory, ventily, motory atď. Diagnostika správneho pripojenia a komunikácie týchto zariadení značne skraca dobu opravy poruchy. Rýchlosť uvedenia prevádzky do bezporuchového stavu je dôležitým požiadavkom v automatizačnom priemysle.

Prvá časť bakalárskej práce sa zaoberá popisom samotného komunikačného protokolu PROFIBUS-DP. Hlavne výhodami a nevýhodami ktoré súvisia s diagnostikou komunikácie.

Druhá časť sa venuje stručnému popisu diagnostikovaných zariadení - na čo zariadenie slúži a hlavne aké sú možnosti diagnostiky konkrétneho zariadenia cez PROFIBUS DP.

V Ďalšej časti tejto práce je uvedený popis diagnostiky v programe SIMATIC Step 7 od firmy Siemens. Dôvody, možnosti a výsledky diagnostiky. Taktiež podrobný popis diagnostického programu spolu s vývojovým diagramom. Jednotlivé organizačné bloky a funkcie sú popísané v poradí ako za sebou logicky nadväzujú.

Nasleduje popis vizualizácie HMI² v programe WinCC flexible od firmy Siemens aj s ukázkami jednotlivých okien.

V závere práce sú fotografie laboratórneho prípravku s popisom na ktorom bol diagnosticky program testovaný.

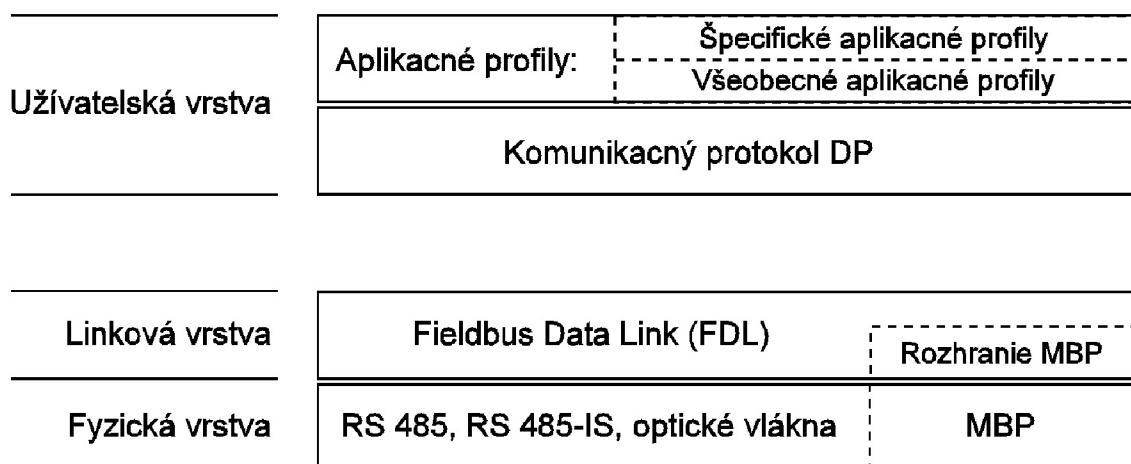
¹DP(Decentralizované Periférie – Decentralized Periphery)

²HMI(Rozhranie medzi človekom a strojom – Human Machine Interface)

1 POPIS KOMUNIKÁCIE

1.1 Profibus DP

Dnes veľmi často používaná dátová zbernica v automatizácií. Využíva zjednodušený model OSI(Referenčný komunikačný model – Open Systems Interconnection reference model), obrázok 1.1. Profibus má iba tri vrstvy a to fyzickú, linkovú a aplikačnú (užívateľskú).



Obr. 1.1: Zjednodušený model OSI[1]

1.1.1 Fyzická vrstva

Fyzické zabezpečenie komunikácie (kabeláž). Pre väčšie prenosové rýchlosti ju tvorí rozhranie RS 485 (Doporučený štandard – Recommended Standard) alebo optické vlákno.

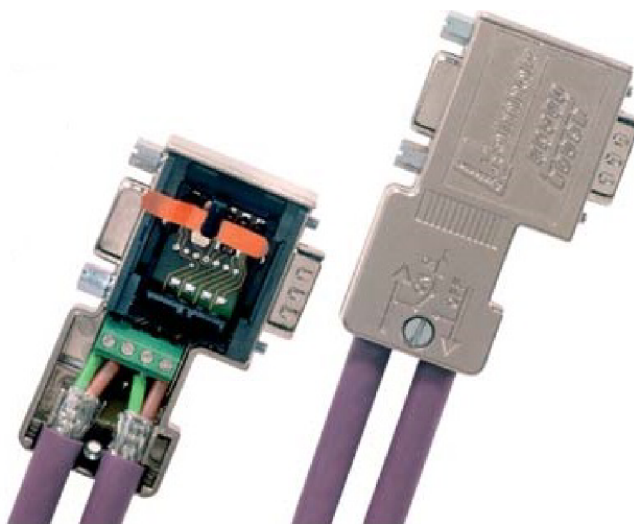
- **RS 485**
 - tierená krútená dvojlinka
 - 12 Mbps (v závislosti na dĺžke vedenia)
 - max 32 zariadení (pomocou opakovačov max 126)
 - max 1200m
- **Optické vlákno**
 - približne rovnaká rýchlosť, výhodou je veľká vzdialenosť vedenia.

Na nižších prenosových rýchlostiach pracujú rozhrania, ktoré sú iskrovo bezpečné. Rozhranie MBP(Synchrónne kódovanie napájané zo zbernice – Manchester coding and Bus Powered) sa používa pri zbernici Profibus PA(Process Automation):

- **RS 485 IS** (Iskrovo bezpečné – Intrinsically Safe)
-rýchlosť prenosu dát 1,5 Mbps
- **MBP**
-rýchlosť 31,25 Kbps

Konektory používané pre sieť Profibus:

- 9-pinový D-sub konektor, krytie IP 20 poprípade IP 65/67
- kruhový 4-pinový konektor M12, IP 65



Obr. 1.2: Konektor Sub-d

Ak do konektoru vedú dva káble ako v prípade obr.č.1.2, tak sa jedná o priechodziu stanicu a teda ukončovací odpor musí byť vypnutý (prepínač na konektore je v polohe OFF).

1.1.2 Linková vrstva

Nazývaná tiež FDL(Zbernicové dátové spojenie – Fieldbus Data Link), ktorá pracuje na princípe Master-Slave a zabezpečuje komunikáciu zariadení po zbernici. Master zariadenie riadi komunikáciu na zbernici a Slave zariadenie čaká na výzvu od Mastra.

V prípade že je na sieti viacej zariadení typu master tak si medzi sebou vymieňajú poverenie tzv. "token". Zariadenie, ktoré má aktuálne token môže vysielat dáta na zbernicu alebo žiadať ostatné zariadenia o prenos dát.

1.1.3 Aplikačná vrstva

Na tejto vrstve sú implementované protokoly DP, ktoré sa podľa zabezpečenia delia na DP-V0, DP-V1 a DP-V2.

- DP-V0 základný protokol používaný v Profibus DP. Cyklický prenos dát.
- DP-V1 protokol, ktorý využíva Profibus PA. Asynchrónna komunikácia.
- DP-V2 protokol používaný pre pohony (Motion Control).

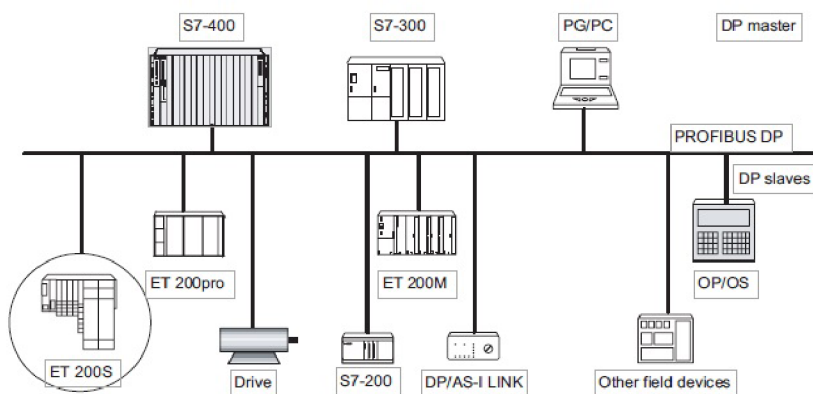
Špeciálny komunikačný protokol Profisafe umožňuje bezpečnostným zariadeniam pripojenie na sieť profibus. Jedná sa o rôzne central-stop vypínače a bezpečnostné snímače.

Sieť Profibus využíva tri rôzne druhy topológií:

- zbernica
- hviezda
- strom

Uprednostňuje sa zbernicová topológia, tá musí byť zakončená na oboch koncoch. Pomocou opakovačov sa sieť rozširuje do ďalších segmentov. Na jednom segmente môže byť pripojených maximálne 32 zariadení, pozor opakovač nemá vlastnú adresu, tým pádom sa započítava do maximálneho počtu zariadení v segmente.

Hlavnými výhodami Profibusu sú bezpečný a rýchly prenos dát a dostatočná flexibilita, teda otvorenosť rôznym výrobcom. Na obrázku č.1.1.3 je znázornený príklad zapojenia rôznych prvkov na sieti Profibus DP[2].



Obr. 1.3: Príklad siete PROFIBUS DP[5]

1.2 Komunikácia s PC

Komunikácia PLC zariadenia s PC neprebieha cez protokol Profibus ale zabezpečuje ju „PC Adapter USB“ od firmy Siemens, obrázok č.1.4.



Obr. 1.4: PC Adapter USB[11]

Adaptér umožňuje komunikáciu medzi USB rozhraním počítača a MPI/DP rozhraním PLS (S7). Komunikácia sa využíva zväčša krátkodobo pri nahrávaní programu do PLC. V bežnej prevádzke adaptér nie je využívaný. Toto zariadenie má v sebe zabudovanú LED signalizáciu, ktorá zobrazuje základné funkcie. Možné stavy sú popísané v tabulke č.1.1.

Tab. 1.1: LED signalizácia PC Adaptéru USB[11]

Názov	Farba	Význam
USB	zelená	Svieti ak je PC Adapter USB pripojený do USB a operačný systém vášho počítača je v normálnom operačnom móde. Táto LED nesvieti, keď sa vypína počítač alebo je v nečinnom móde. LED bliká keď sa začnú presúvať dáta.
POWER	zelená	Rozsvieti sa ak je PC Adapter USB napájaný potrebným výkonom. Bliká pri detekcii hardvérovej chyby.
MPI	zelená	Rozsvieti sa PC Adapter USB po pripojení do MPI/DP siete a je pripravený na prevádzku. LED bliká ak sú dáta prenášané cez MPI/DP sieť. LED nesvieti keď chýba firmware, ktorý bol načítaný do PC Adapter USB.

1.3 Porovnanie (Profibus vs Profinet)

V nasledujúcej sekcii je porovnanie Profibus siete s modernejšou a čoraz viac využívanou komunikáciou Profinet.

1.3.1 Profinet

- maximálna prenosová rýchlosť 100 Mbps (štrukturovaná kabeláž - ethernetový kábel)
- bezdrôtová komunikácia
- flexibilita (ľubovlná štruktúra)
- teoreticky neobmedzená vzdialenosť
- ukončenie zbernice nie je nutné
- otvorenosť všetkým výrobcam
- podporuje PROFI-safe (aj bezdrôtovo)
- pripojenie na internet (diagnostika z akéhokoľvek miesta)
- možnosť ohrozenia cez internet alebo z podnikovej siete

1.3.2 Profibus

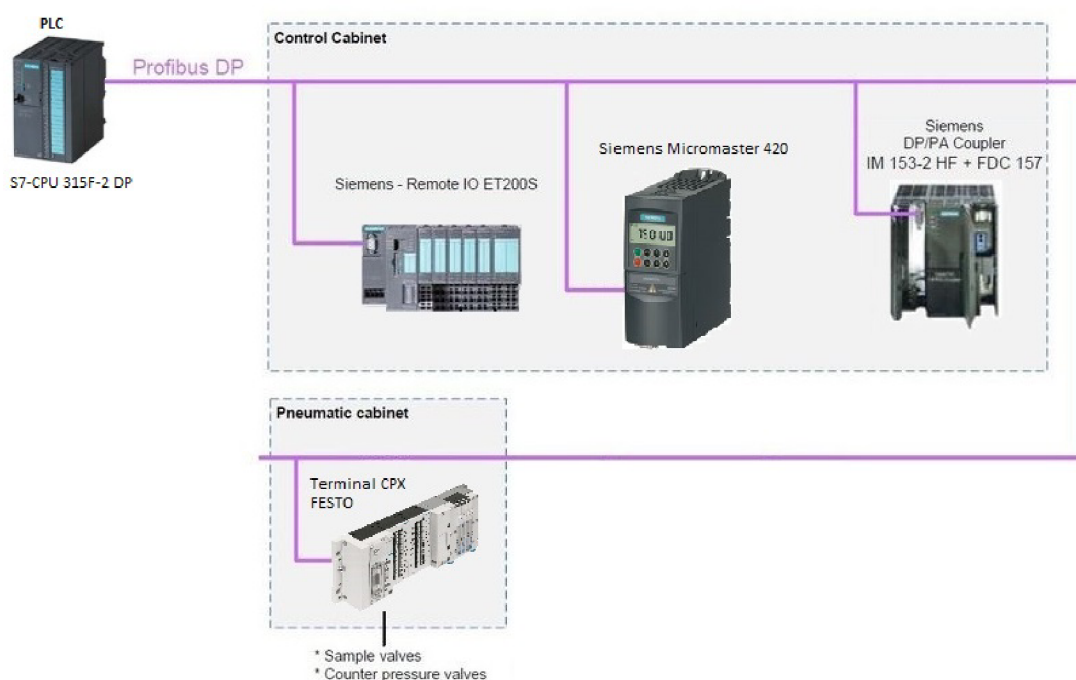
- rýchlosť prenosu max. 12 Mbps
- komunikácia cez RS 485 alebo optické vlákno
- predpísané topológie siete
- dĺžka zbernicového káblu max 1200m
- ukončenie zbernice nutné
- robustná sieť (bezpečná a rýchla)
- PROFI-safe
- použitie vo výbušných prostrediach (Profibus PA)

Napriek značným výhodám siete Profinet, priemyselné firmy po celom svete stále považujú bezpečnosť a robustnosť systému za veľmi dôležitý faktor a uprednostňujú Profibus.

Práca sa venuje výhradne diagnostike na sieti Profibus DP. Táto sieť bola vybraná z dôvodu jednoduchosti, dostatočnej rýchlosti, vysokej bezpečnosti a spoľahlivosti komunikácie.

2 POPIS ZARIADENÍ NA SIETI PROFIBUS

Na obrázku 2.1 je schematické zapojenie zariadení, ktoré sa diagnostikujú po sieti Profibus DP s protokolom DP-V1, prostredníctvom rozhrania RS485 s prenosovou rýchlosťou 1,5 Mbps. Pre stručnosť a jednoduchosť je na obrázku znázornené každé zo zariadení iba raz, v praxi budú diagnostikované viaceré zariadenia rovnakého typu zároveň. V nasledujúcej kapitole sú stručne popísané typy zariadení, ktoré budú diagnostikované.



Obr. 2.1: Zapojenie zariadení na sieti Profibus DP[3]

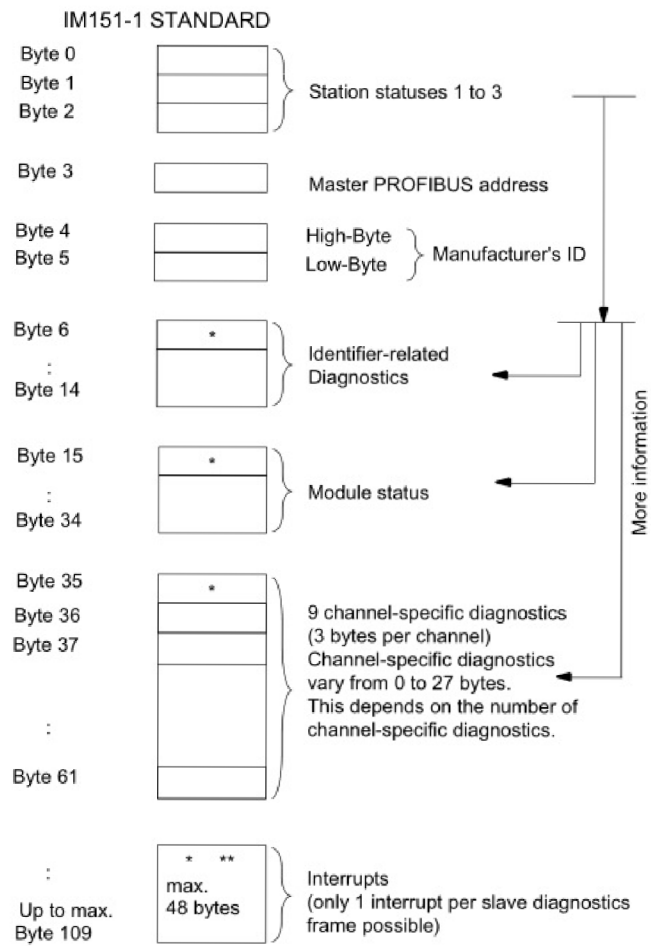
2.1 SIMATIC ET 200S

Je decentralizovaná vstupno/výstupná periférna jednotka. Je multifunkčná a bitovo modulárna. Jednotlivé periférne jednotky sa prepájajú zbernicou Profibus alebo Profinet cez moduly rozhrania[5]. Na obrázku 2.2 je znázornený spomínaný model ET 200S. Pre diagnostiku tohto zariadenia sa využíva funkcia SFC13, ktorá získava dáta priamo zo zariadenia. Na to aby sme ich vedeli spracovať je potrebné poznať štruktúru týchto dát, tá je znázornená na obr.č.2.3.

Základné a najdôležitejšie informácie sú obsiahnuté v prvých troch bytoch štruktúry a označujú sa ako „Station statuses“.



Obr. 2.2: ET 200S[5]



Obr. 2.3: Štruktúra diagnostických dát pre ET200s[5]

2.1.1 Diagnostika stanice (Station status)

Tab. 2.1: Station status 1 (byte 0)[5]

Bit	Význam	Príčina/Náprava
0	1: DP slave nie je prístupný zariadeniu DP master.	- Je správne nastavená PROFIBUS adresa DP slave ? - Je zbernicový konektor zapojený ? - Je DP slave pripojený k napájaniu ? - Je správne nastavený RS-485 opakovač ? - Bol DP slave reštartovaný ?
1	1: DP slave nieje pripravený na výmenu dát.	- Čakaj, DP slave sa práve zapína.
2	1: Konfigurácia prenášaných dát z DP master do DP slave nezodpovedá konfigurácií DP slave.	- Je správny typ stanice alebo bola načítaná správna softvérová konfigurácia do DP slave ?
3	1: Čakajúca externá diagnostická informácia. (Spoločné zobrazenie diagnostiky)	- Vyhodnocuje ID-špecifické diagnostické informácie, stav modulov, a špecifické diagnostické informácie o kanáloch. Akonáhle sú všetky chyby eliminované, 3 bit sa resetuje. Bit bude znovu nastavený, keď príde nová diagnostická správa do bytov vyššie uvedenej diagnostiky.
4	1: Potrebná funkcia nieje podporovaná DP slave (napríklad, zmena PROFIBUS adresy ,myslené softvérovo).	- Skontrolujte konfiguráciu.
5	1: DP master nemôže prerušiť odpoveď DP slave.	- Skontroluj konfiguráciu zbernice
6	1: Typ DP slave nezodpovedá softvérovej konfigurácii	- Je dobrý typ DP Slave načítaný do softvérovej konfigurácie?
7	1: Parametre boli pridelené do DP Slave od iného DP mastera (nie od toho, ktorý má prístup do DP slave).	- Bit je vždy 1, napríklad, ak máte prístup do DP slave cez programátor alebo iný DP master. - PROFIBUS adresa DP mastera ktorá bola pridelená parametrami DP slave je umiestnená do "Master PROFIBUS address" diagnostického bytu.

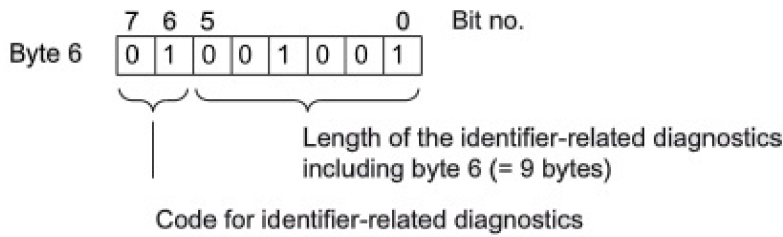
Tabuľka č.2.1 popisuje príčiny nastavenia jednotlivých bitov na úrovni logickej 1. Ide napríklad o údaje typu :

- odpojené zariadenie
- nepripravené zariadenie
- chybná konfigurácia atď.

Station status 2-3 (byte 1-2) nie sú prakticky využité v tejto práci, preto sa nimi ďalej práca nezaobrá.

2.1.2 Diagnostika modulov (Identifier-related diagnostics)

Naopak dôležité a prakticky využité sú dáta z Identifier-related Diagnostics, ktoré sú popísané na obrázku č.2.4. Šiesty byte je iba informačný. Označuje koľko bytov obsahuje identifier-related diagnostika vrátane samotného šiesteho bytu. Siedmy až štrnásty byte obsahuje informácie o odpojenom module pre dané ET200s. Jednotlivé



	7	6	5	4	3	2	1	0	Bit no.	
Byte 7	8	7	6	5	4	3	2	1	Module: 1 to 8	
Byte 8	16	15	14	13	12	11	10	9	Module: 9 to 16	
Byte 9	24	23	22	21	20	19	18	17	Module: 17 to 24	Events on the corresponding module are indicated by set bits.
Byte 10	32	31	30	29	28	27	26	25	Module: 25 to 32	
Byte 11	40	39	38	37	36	35	34	33	Module: 33 to 40	
Byte 12	48	47	46	45	44	43	42	41	Module: 41 to 48	
Byte 13	56	55	54	53	52	51	50	49	Module: 49 to 56	
Byte 14	*	63	62	61	60	59	58	57	Module: 57 to 63	

* Always "0"

Obr. 2.4: Identifier-related diagnostics[5]

bity nadobúdajú hodnotu logickej 1 v poradí, v akom sú odpojené moduly. Napríklad ak by sa jednalo o výpadok modulu č.3, mal by byte č.7 binárnu hodnotu rovnú = 00000100 . Problém nastáva pri výpadku viac ako jedného modulu na tom istom zariadení, vtedy sa nastaví všetky bity na úroveň logickej 1.

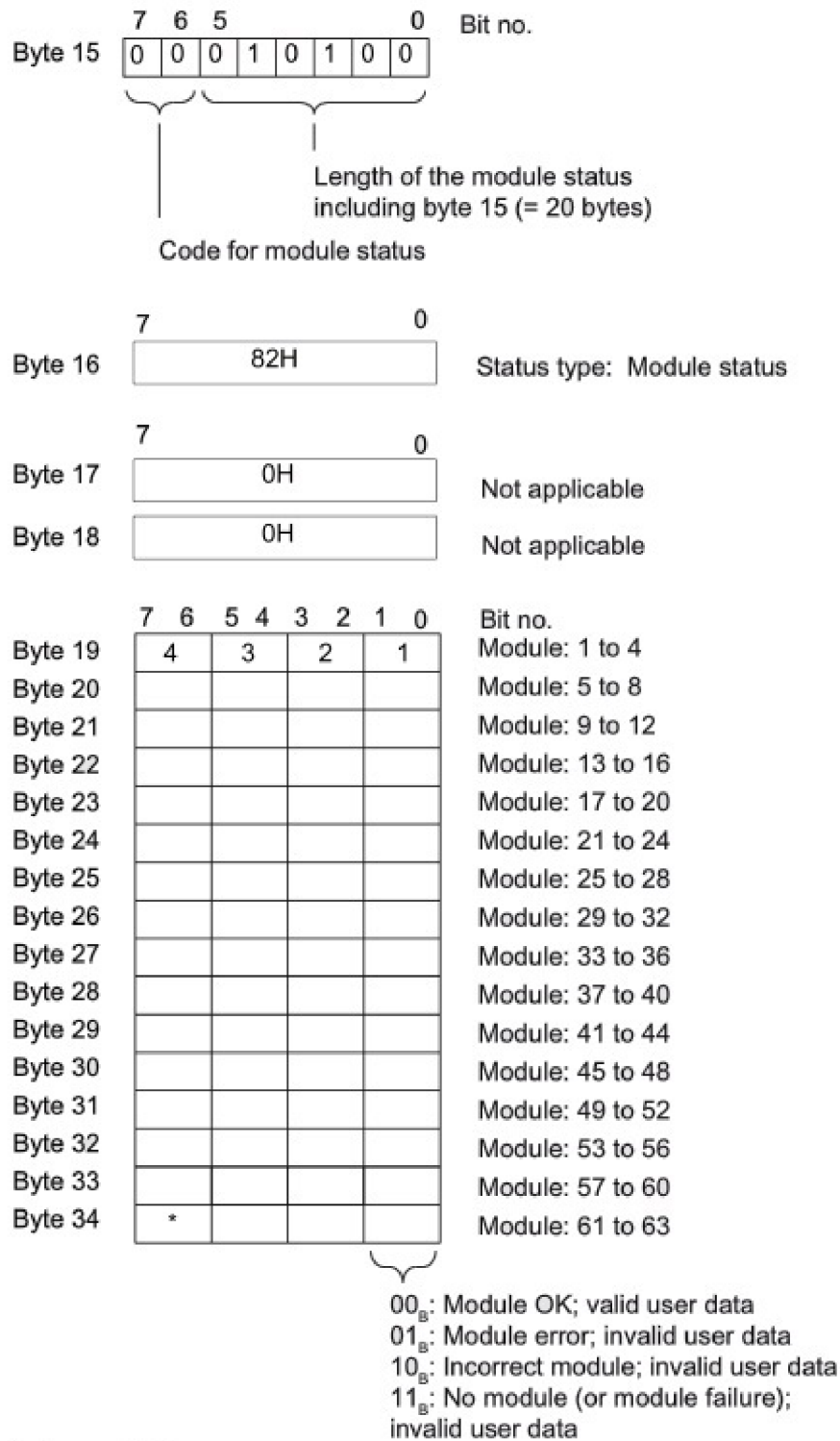
2.1.3 Modul status

Dáta z „Modul status“ diagnostiky upresňujú presný stav jednotlivých modulov a sú popísané na obrázku č.2.5.

Podobne ako v predchádzajúcom prípade prvý byte diagnostiky (byte 15) označuje veľkosť pamäte pre dáta „Modul status“ diagnostiky. Od bytu 19 sa začína popis jednotlivých modulov. Stav modulu je zakódovaný vždy v dvoch bitoch, to znamená, že v byte 19 je stav prvých štyroch modulov.

Stavy modulov:

- 00_B - modul bez poruchy
- 01_B - modul má poruchu
- 10_B - modul je nesprávny
- 11_B - modul je odpojený alebo zničený



Obr. 2.5: „Modul status“ diagnostika[5]

2.2 SIEMENS DP/PA Link + Coupler

Na obr.2.6 je znázornené typické prevedenie zariadenia od firmy Siemens. Toto zariadenie vytvára fyzické spojenie medzi Profibus DP a Profibus PA. Sieť Profibus PA je určená do priemyselných prostredí, kde hrozí napríklad nebezpečenstvo výbuchu a podobne. Na rozdiel od siete Profibus DP má Profibus PA pevnú prenosovú rýchlosť 31,25 kbit/s, využíva rozhranie MBP (tínená krútená dvojlinka). DP/PA Link využíva jednu pridelenú adresu v sieti Profibus DP a samostatne rozdeľuje adresy v sieti Profibus PA. Z pohľadu periférií na sieti Profibus PA je DP/PA Link masterom, avšak z pohľadu siete Profibus DP je slave. Užívateľ získava výhodu s použitím



Obr. 2.6: DP/PA Link + Coupler[7]

zariadenia DP/PA Link, pretože môže využívať maximálnu rýchlosť prenosu dát 12 Mbps na sieti Profibus DP až po DP/PA Link. Použitím samotného zariadenia DP/PA Coupler by musela byť Profibus DP sieť obmedzená rýchlosťou prenášania dát na 45,45 kbit/s.

Diagnostické dáta zo všetkých slave zariadení sa cez DP/PA Link dostávajú na sieť Profibus v takzvanom „diagnostic frame“ teda diagnostickom rámci, ktorý je online k dispozícii v hardvérovej konfigurácii programu Step 7[7].

2.3 FESTO CPX Terminál

V priemysle sa často nachádza množstvo pneumatických ventilov, pohonov a snímačov. Preto je treba zabezpečiť prevod zo siete Profibus DP na pneumatickú sieť MPA. Zariadenie od firmy FESTO, CPX Terminál, zabezpečuje tento prevod. Je to modulárny systém periférií pre ventilové terminály. Vďaka modulárnej konštrukcii systému je možné individuálne konfigurovať počet ventilov, vstupov a prídavných výstupov - vhodných pre aplikáciu. [8]



Obr. 2.7: FESTO CPX Terminál [8]

2.3.1 Uzol zbernice CPX-FB13

Uzol zbernice je veľmi dôležitou časťou terminálu. Zabezpečuje sprostredkovanie komunikácie medzi elektrickým terminálom CPX a nadradeným zariadením Master pomocou zbernice Profibus-DP. Uzol zbernice je cez zretazovací blok napájaný systémom a komunikuje s vstupno/výstupnými modulmi.

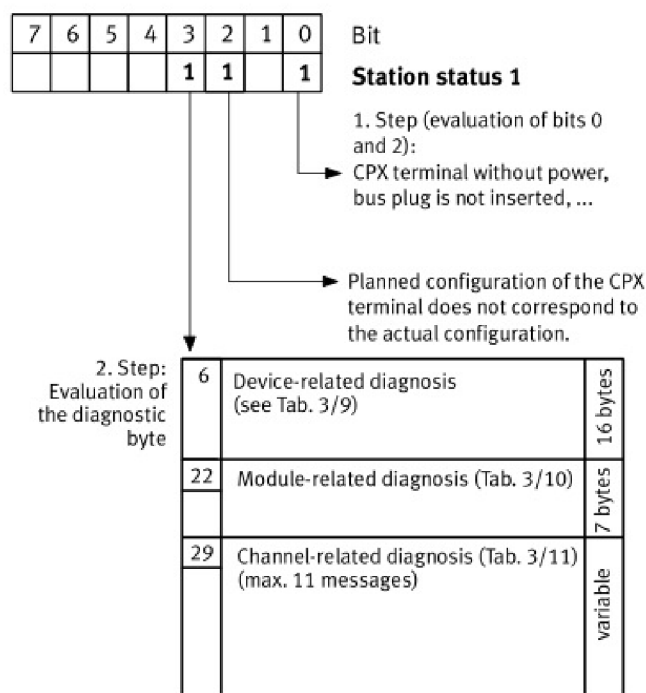
Stav terminálu CPX sa zobrazuje ako súhrnné hlásenie pomocou 4 LED diód špecifických pre CPX. Stav komunikácie prevádzkovej zbernice sa zobrazuje pomocou diódy LED Bus-Fault (chyba zbernice) špecifickej pre Profibus[8].

2.3.2 Štruktúra diagnostiky CPX Terminálu

Diagnostika má princíp podobný ako v prípade zariadenia ET200s. Taktiež má tri základné diagnostické byty = station status 1-3.

Tabuľka č.2.2 popisuje dáta prvého diagnostického bytu (Station status 1). Na obrázku č.2.8 je znázornená celková štruktúra diagnostiky aj s doporučenými diagnostickými krokmi od výrobcu.

Aby bola diagnostika povolená nesmieme zabudnúť nastaviť ôsmi prepínač DIL switch-u do polohy ON. DIL switch slúži na nastavenie fyzickej adresy zariadenia na Profibus sieti.



Obr. 2.8: Štruktúra diagnostiky pre CPX Terminál[8]

Tab. 2.2: Stav stanice (Station status 1)[8]

Bit	Význam	Vysvetlenie
0	Diag.Stanica neexistuje	CPX terminál nieje naďalej/nieje ešte adresovaná. Možné dôvody: - napájacie napätie nieje pripojené - prerušený dátový kábel - chyba dátového káblu
1	Diag.Stanica nieje pripravená	CPX terminál nieje pripravený na výmenu dát
2	Chyba konfigurácie	Konfiguračné dáta získané od DP mastera nesúhlasia so zistenými dátami CPX terminálu.
3	Externá diagnostika	Diagnostika k dispozícií. Možné dôvody: - poškodený kábel vstupno/výstupného modulu - skrat/prefaženie elektrického výstupu, ...
4	Diag. nepodporovaná	1 = CPX terminál nepodporuje žiadané funkcie
5	Diag. chybná odpoveď DP Slave	vždy 0 (nastavené CPX terminálom)
6	Diag.Prm_Chýba	Posledný parametrizovaný telegram je chybný
7	Diag.Master_Uzamknutý	Vždy 0 (nastavené CPX terminálom)

2.3.3 Diagnostika modulov (Device-related diagnosis)

Štruktúrou je diagnostika modulov terminálu CPX podobná diagnostike na ET200s. Avšak zatiaľ čo pri ET200s je výpadok modulov zaznamenaný jednotlivými bitmi bytu č.7 a následovne je k dispozícií rozšírenejšia diagnostika, tak pri terminály CPX je možná iba rozšírená diagnostika pomocou dvojice bitov. Diagnostické dáta

sa ukladajú od bytu č.10 podľa tabuľky č.2.3.

Tab. 2.3: Prehľad diagnostiky modulov (pevná dĺžka 16 bytov)[8]

Byte	Obsah	Vysvetlenie
6	Hlavička	pevne zadané CPX terminálom C_h
7	Typ	pevne zadané CPX terminálom 82_h
8	Slot	pevne zadané CPX terminálom 0_h
9	Slot	pevne zadané CPX terminálom 0_h
10	Modul 0 (bity 0 a 1) ... Modul 3 (bity 6 a 7)	2 bity na modul: 00 = Bez chyby (platné dáta) 01 = Chyba modulu (neplatné dáta) 10 = Nesprávny modul (chybné dáta) 11 = Modul zlyhal alebo neexistuje (neplatné dáta)
11	Moduly 4...7	ako byt 10
12	Moduly 8...10	ako byt 10
13...21	Rezervované	-

Konkrétnejší popis bol už spomenutý v kapitole Modul status 2.1.3 na strane 19.

2.4 SIEMENS Micromaster 420

Micromaster 420 od firmy Siemens je frekvenčný menič, ktorý slúži na ovládanie a reguláciu otáčok trojfázových asynchrónnych motorov. Vďaka jeho modulárnej konštrukcii môžu byť rozsiahle štandardné funkcie doplnené o širokú škálu možností. Rôzne operátorské panely a komunikačné moduly sa dajú pripojiť jednoducho bez-skrutkovou svorkovnicou.



Obr. 2.9: Micromaster 420[13]

Konkrétne v tejto práci je pripojený k frekvenčnému meniču komunikačný rozširovací modul PROFIBUS DP, ktorý je zobrazený na obrázku č.2.10. Prostredníctvom tohto komunikačného modulu nadriadené riadiace systémy pohodlne ovládajú cez PROFIBUS sieť pohony prístrojov rady Micromaster 4.



Obr. 2.10: Rozširovací modul PROFIBUS DP[13]

2.4.1 Technické parametre modulu

- Pre informácie o aktuálnom prevádzkovom stave komunikačného modulu sú k dispozícii trojfarebné LED diódy (zelená, oranžová, červená).
- Napájanie sa uskutočňuje cez systémový konektor z meniča. Externý prívod 24 V slúži pre napájanie rozširovacieho modulu PROFIBUS a elektroniky meniča.
- Pripojenie na systém PROFIBUS sa uskutočňuje cez 9-pólový Sub-D konektor podľa PROFIBUS normy. Všetky prívody tohoto rozhrania RS485 sú zkratu-vzdorné a potenciálovo oddelené.
- Rozširovací modul PROFIBUS podporuje rýchlosť prenosu 9,6 kbps až 12 Mbps[13].

3 DIAGNOSTIKA

3.1 Prečo diagnostikovať

V rozsiahlejších prevádzkach, kde sú stovky priemyselných zariadení, je manuálna kontrola jednotlivých zariadení veľkou stratou času. Samotná vizuálna kontrola pripojenia nezaručuje, že je zariadenie správne nakonfigurované alebo či nie je prerušený niektorý z vodičov vo vnútri izolácie.

Ďalej je nutné správne a rýchlo diagnostikovať poruchy kvôli nasledujúcim stavom prevádzky:

- či bude prevádzka bezpečná po poruche, takzvané SAFETY (bezpečné) zariadenia
- alebo aby chyba neobmedzila celkový chod prevádzky - FAULT TOLERANCE (odolné) systémy

SAFETY a FAULT TOLERANCE systémy sú samozrejme samostatnými témami, ktorými sa táto bakalárska práca nezaobrá, avšak môžu byť dobrým rozšírením do témy diagnostiky Profibus siete.

3.2 Diagnostikovateľné poruchy

- odpojenie Slave zariadenia od siete Profibus
- odpojenie Slavu od napájania (voltage failure)
- odpojené, nesprávne alebo nefunkčné I/O moduly
- nesprávna konfigurácia
- nepripravené Slave zariadenie

3.3 Výsledky diagnostiky

Výsledkom diagnostiky je jednoduchá a prehľadná vizualizácia informácií o zariadeniach na Profibus sieti. Základné informácie, ktoré sú k dispozícii vo vizualizácii:

- zoznam porúch
- dátum a čas kedy jednotlivé poruchy nastali
- názorná schéma siete s označením chybných zariadení
- adresa master zariadenia, ktoré diagnostikovalo poruchu
- adresa slave zariadenia, ktoré hlási poruchu
- DP adresa slave zariadenia v poruche
- popis chyby, možný dôvod poruchy

3.4 Diagnostika v prostredí SIMATIC STEP 7

3.4.1 STEP 7

V priemysle bežne používané vývojové prostredie od firmy Siemens ktoré slúži na programovanie PLC zariadení. Step 7 ponúka programátorovi tvoriť vo viacerých programovacích jazykoch. V tejto práci sú využité dve formy jazyku a to:

- LAD (Ladder Logic) - rebríkové schémy
- STL (Statement list) - súbor príkazov

Prepínanie zobrazenia medzi jazykom LAD a STL nájdeme v SIMATIC Manageri v záložke „View“. Ponuka sa zobrazí len ak je otvorený konkrétny blok alebo funkcia. Taktiež niektoré zložitejšie kódy písané v móde STL nie je možné preložiť do jazyka LAD.

Prostredie Step 7 má v sebe integrované aj základné diagnostické funkcie a bloky (SFC/SFB)¹. Jednotlivé bloky sú vypísané v tabuľke č.3.1 a sú volané operačným systémom CPU kedykoľvek keď nastane chyba. Ak nieje príslušný blok OB nahratý v CPU tak pri detekovaní chyby sa nastaví CPU do STOP módu.

Ak je použitý protokol DPV1, tak nastáva možnosť získať ďalšie informácie v prerušení pomocou SFB554 „RALRM“, ktorý presahuje informácie organizačného bloku. Taktiež je k dispozícii špeciálna diagnostická funkcia SFC13 „DPNRM_DG“ (Slave Diagnostics).

Tab. 3.1: Chybové bloky OB82 až OB87[9]

Asynchrónne chyby	
OB80	Časové chyby
OB81	Chyby napájania
OB82	Diagnostický alarm
OB83	Vloženie/odstránenie alarmu
OB84	CPU Hardvérové chyby
OB85	Chyby spustenia programu
OB86	Chyby panelu (Rack failure)
OB87	Komunikačné chyby

¹SFC(Systémové funkcie – System Functions), SFB(Systémové funkčné bloky – System Function Bloks)

3.4.2 OB86 Rack failure

V tejto časti je opísaný špeciálny systémový blok OB86, ktorý slúži na diagnostiku komunikácie periférnych zariadení na sieti Profibus DP. Jedná sa o asynchrónny blok ktorý sa volá pri chybe komunikácie (napríklad prerušená zbernica alebo odpojené Slave zariadenie) a následne sa volá aj po odstránení poruchy.

Nasledujúca tabuľka 3.2 popisuje dočasné (temp) premenné, ktoré slúžia na popis chyby. Názvy premenných sú definované ako predvolené názvy OB86.

Tab. 3.2: Dočasné premenné bloku OB86[9]

Premenné	Typ	Popis
OB86_EV_CLASS	BYTE	Trieda udalosti a identifikátory: - B#16#38: výstupná udalosť - B#16#39:vstupná udalosť
OB86_FLT_ID	BYTE	Kód chyby: (možné hodnoty: B#16#C1, B#16#C2, B#16#C3, B#16#C4, B#16#C5, B#16#C6, B#16#C7, B#16#C8, B#16#CA, B#16#CB, B#16#CC, B#16#CD, B#16#CE)
OB86_PRIORITY	BYTE	priorita triedy; môže byť pridelená cez STEP 7 (hardvérová konfigurácia)
OB86_OB_NUMBR	BYTE	OB číslo (86)
OB86_RESERVED_1	BYTE	Rezervované
OB86_RESERVED_2	BYTE	Rezervované
OB86_MDL_ADDR	WORD	Záleží na kóde chyby
OB86_RACKS_FLTD	Array[0..31] of BOOL	Záleží na kóde chyby
OB86_DATE_TIME	Dátum a čas	Dátum a čas kedy bol blok OB volaný

Programovanie bloku OB86 závisí od rôznych možných kódov chýb, preto je odporúčané usporiadať lokálne premenné podľa tabuľky č. 3.2.

Tab. 3.3: Premenná identifikujúca nekomunikujúce zariadenie[9]

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Význam
B#16#39/B#16#38	B#16#C4	Zlyhanie DP stanice -OB86_MDL_ADDR: Základná logická adresa DP mastera -OB86_Z23: Adresa týkajúceho sa DP slave: - Bit 0 až 7: Číslo DP stanice - Bit 8 až 15: DP master systémové ID - Bit 16 až 30: základná logická adresa S7 slave alebo diagnostická adresa štandardného DP slave - Bit 31: I/O identifikátor

Stručný popis použitých premenných:

- OB86_EV_CLASS : určuje či porucha nastala alebo bola odstránená
- OB86_FLT_ID : kód udalosti čo spôsobila zavolanie samotného bloku

- OB86_MDL_ADDR : závisí od kódu FLT_ID, pre náš prípad obsahuje logickú adresu DP mastera
- OB86_Z23 : taktiež závisí od premennej FLT_ID, logická adresa DP slave

3.4.3 SFC13 „DPNRM_DG“ (Slave Diagnostics)

Táto systémová funkcia umožňuje oproti bloku OB86, ktorý slúži prevažne len na detekciu poruchy, načítať podrobné diagnostické dáta jednotlivých slave zariadení na sieti. Diagnostika je veľmi výhodná napríklad pri zisťovaní výpadku alebo trvalých porúch jednotlivých vstupno-výstupných kariet decentralizovaných IO jednotiek, alebo pri detekcii porúch ventilových blokov atď. Funkcia SFC13 pracuje s jednotlivými premennými, ktoré sú znázornené v tabuľke č.3.4.

Tab. 3.4: Premenné systémovej funkcie SFC13[9]

Parameter	Deklarácia	Dátový typ	Pamäťové umiestnenie	Popis
REQ	INPUT	BOOL	I, Q, M, D, L, constant	REQ=1: Čítanie požiadavky
LADDR	INPUT	WORD	I, Q, M, D, L, constant	Konfigurácia diagnostikovej adresy DP slave.
RET_VAL	OUTPUT	INT	I, Q, M, D, L	Ak chyba nastane počas aktívnej funkcie, návratová hodnota bude obsahovať chybový kód. Ak chyba nenastane, tak RET_VAL obsahuje dĺžku aktuálne prenesených dát.
RECORD	OUTPUT	ANY	I, Q, M, D, L	Cieľová oblasť pre diagnostické dáta, ktoré boli čítané. Jedine dátový typ BYTE je povolený. Minimálna dĺžka nahraných dát pre čítanie alebo pamäťového priestoru je 6. Maximálna dĺžka nahratých dát pre odoslanie je 240. Štandardné slave zariadenie môže sprostredkovať viac než 240 bytov diagnostických dát až do maxima 244 bytov. V tomto prípade, prvých 240 bytov je prenesených do oblasti a bit pretečenia je nastavený v dátach.
BUSY	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	BUSY=1: Čítanie ešte nepreběhlo kompletne.

Jednoduchý popis (preklad) premenných z tabuľky 3.4:

- REQ : požiadavka na čítanie dát
- LADDR : adresa diagnostikovaného slave zariadenia
- RE_VAL : premenná obsahujúca informácie o chybe pri vykonávaní funkcie
- RECORD : priestor pre uloženie diagnostikovej správy
- BUSY : bit, ktorý indikuje, že funkcia sa práve vykonáva

Čítanie zo zariadenia začína nastavením vstupnej premennej REQ na hodnotu logickej 1. Premenná BUSY je výstupnou premennou zobrazujúcou stav či funkcia ešte pracuje alebo dokončila načítavanie. Ak funkcia nie je kompletne dokončená, tak má hodnotu logickej 1 teda BUSY=1 a naopak ak je funkcia dokončená tak BUSY=0.

Dôležité je pri využívaní funkcie SFC13, aby bolo vyhradené pole RECORD pre viac alebo presný počet bytov, ktoré očakávame ako diagnostickú správu zo zariadenia. V prípade, že je vyhradený menší počet bytov sú dáta zmazané a premenná „RET_VAL“ zobrazuje („error code“ <0). V prípade, že sa funkcia vykonala správne tak premenná RET_VAL obsahuje presný počet prenesených bytov.

Diagnostická správa je špecifická a je vhodné si zistiť jej dĺžku v manuály konkrétneho diagnostikovaného zariadenia. Ako ukážka je na obrázku č.3.1 znázornené volanie funkcie pre diagnostiku decentralizovanej periférnej jednotky ET200s.

Network 2 : SFC13 for ET200s

```

Comment:
A      "DEM".m1                DB2.DBX71.0  -- variable of function FC13
=      L      0.0
BLD    103
CALL   "DPNRM_DG"            SFC13      -- Read Diagnostic Data of a DP Slave
REQ    :=L0.0
LADDR  := "DEM".d_ET200s     DB2.DBW74   -- diagnostic address of faulty DP slave
RET_VAL:= "DEM".m3           DB2.DBW72   -- variable of function FC13
RECORD :=P#DB2.DBX0.0 (BYTE 64)
BUSY   := "DEM".m2           DB2.DBX71.1  -- variable of function FC13
NOP    0

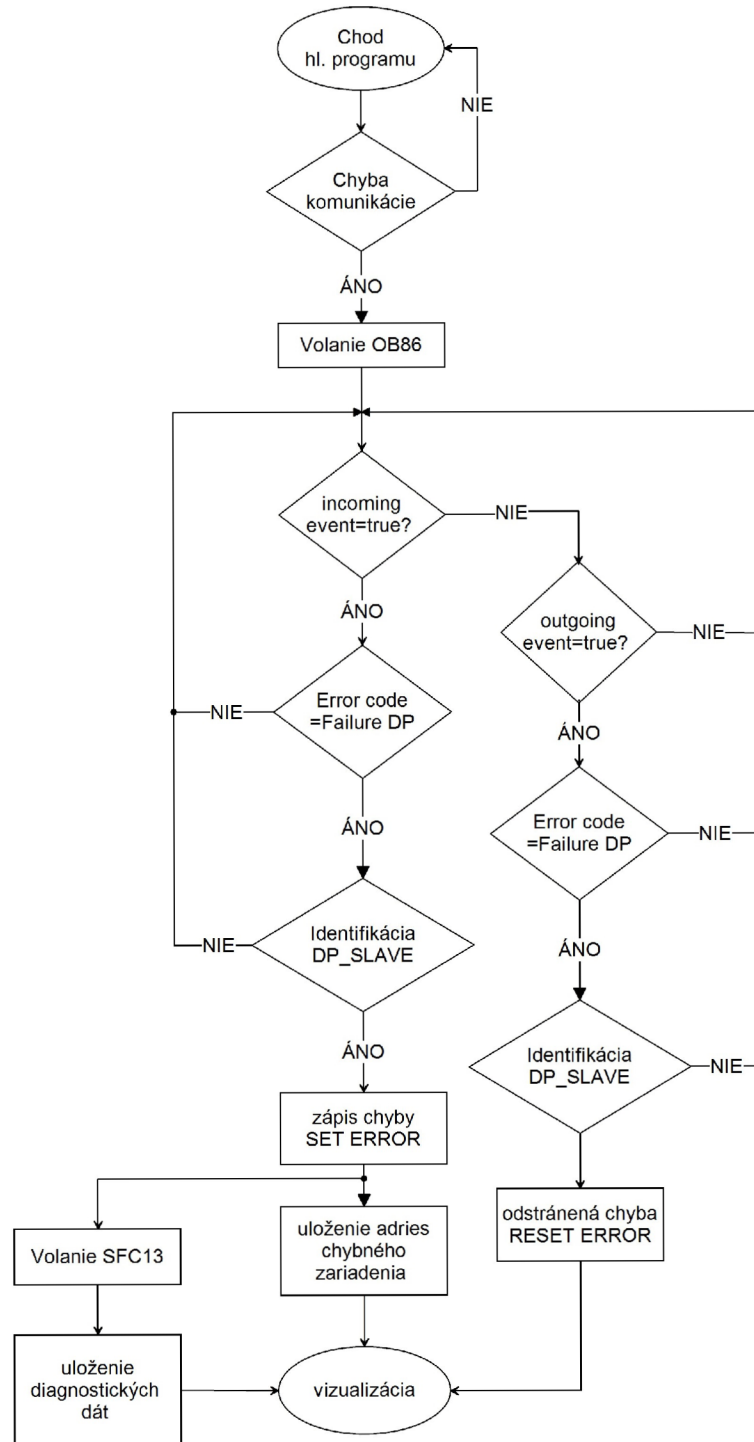
```

Obr. 3.1: Volanie SFC13 pre ET200s

V tomto prípade je vyhradený priestor 64 bytov pre diagnostickú správu.

4 DIAGNOSTICKÝ PROGRAM

4.1 Vývojový diagram



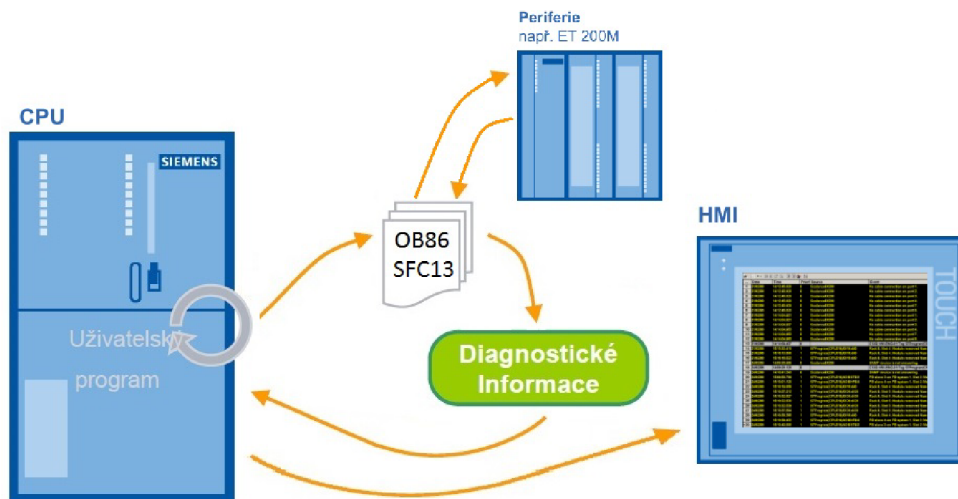
Obr. 4.1: Vývojový diagram diagnostického programu

4.2 Postup

- Načítanie vstupných dát zo zariadení na sieti
- Detekcia chybných zariadení
- Identifikácia chybných zariadení
- Volanie podrobnejšej diagnostiky (SFC13)
- Zápis získaných dát

4.3 Načítanie vstupných dát a detekcia porúch

Prvotnou úlohou programu je získať diagnostické dáta od všetkých decentralizovaných zariadení na sieti. Základná myšlienka toku informácií je znázornená na obrázku č. 4.2.



Obr. 4.2: Tok diagnostických dát[10]

Základ diagnostického programu je umiestnený v špeciálnom bloku OB86, ktorý slúži na signalizovanie chybnej komunikácie distribuovaných periférií. Blok OB86 je okamžite volaný pri zistení výpadku zariadenia na sieti Profibus DP a poskytuje základné informácie o danej poruche.

Ako prvé po volaní bloku OB86 sa kontroluje či ide o takzvaný „incoming event“ alebo ide o „outgoing event“. Incoming event detekuje poruchu. Naopak outgoing event oznamuje, že chyba bola odstránená. Konkrétne kontrolujeme premennú OB_EV_CLASS:

- B#16#39=(incoming event)
- B#16#38=(outgoing event)

Upozornenie, v programe sa vyskytujú tieto hodnoty v decimálnom tvare:

- incoming event = 57
- outgoing event = 56

Ďalej sa zisťuje či je správny chybový kód. Ten je charakterizovaný premennou OB86_FLT_ID. Pre zlyhanie DP stanice musí byť kód B#16#C4, vid' tabuľka číslo 3.3.

- OB86_FLT_ID = B#16#C4

4.4 Identifikácia chybných zariadení

Ak nastala chyba na niektorom zo zariadení je nutné ho jednoznačne identifikovať. Tieto informácie sa nachádzajú v dočasných premenných (temp) bloku OB86, tabuľka č.3.2.

Ako prvé sa identifikuje master zariadenie a nasledovne podradené slave zariadenie.

Základná logická adresa chybného master zariadenia, ktoré sa nachádza v dočasnej premennej OB86_MDL_ADDR sa porovnáva so známymi zadanými adresami pripojených zariadení. Na obrázku č.4.3 je znázornená jednoduchá ukážka identifikácie master zariadenia.

```
//Fill in variables
  L      W#16#7FF
  T      #T_master_address  #T_master_address

//DP Slave is disconnected

  A(
  L      #OB86_MDL_ADDR      #OB86_MDL_ADDR      -- Base address of IM module
  L      #T_master_address  #T_master_address      in rack with fault
  ==I
  )
```

Obr. 4.3: Identifikácia Master zariadenia

Nasledovne sa obdobne identifikuje slave zariadenie, podľa základnej logickej adresy a profibusovej adresy. Tieto adresy sú uložené v dočasnej premennej OB86_Z23 viz tabuľka č.3.3.

Umiestnenie adres je nasledovné:

- logická adresa slave = LW8
- profibusová adresa slave = LB11

4.5 Volanie diagnostiky (SFC13)

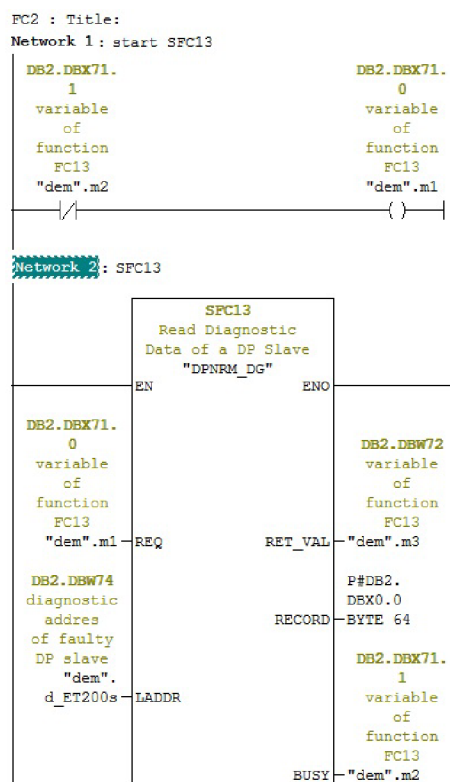
Musíme si uvedomiť, že podrobná diagnostika cez funkciu SFC13 nie je umiestnená v bloku OB86. Je volaná iba pri detekcii poruchy v OB86.

Pre každé zariadenie, ktoré má byť diagnostikované podrobnejšie je nutné aby bola volaná funkcia SFC13 samostatne. Je to z dôvodu zabezpečenia funkčnej diagnostiky aj pri poruche viacerých zariadení v rovnakom čase. Taktiež je rovnako dôležité aby bol pre každé takto diagnostikované zariadenie vyhradený vlastný pamäťový priestor.

Volanie Podrobnejšej diagnostiky je pomocou funkcie FC10 z hlavného programu, konkrétne organizačného bloku OB1. V FC10 sú umiestnené volania funkcií FC2 a FC3. K nim odpovedajú jednotlivé dátové bloky DB2 a DB3.

4.5.1 FC2

Táto funkcia je určená pre podrobnú diagnostiku zariadenia ET200s. Je v nej umiestnená logika pre volanie systémovej funkcie SFC13 „DPNRM_DG“ a taktiež logika pre diagnostiku jednotlivých I/O modulov. Aby bola diagnostika užitočná musia



Obr. 4.4: Ukážka z funkcie FC2

byť získané dáta vždy aktuálne, preto je funkcia volaná neustále v čase od zistenia

poruchy až po ukončenie poruchy, aj vrátane momentu, kedy je už zariadenie v bezporuchovom stave. Posledné volanie funkcie po ukončení poruchy je zabezpečené detekciou zostupnej hrany signalizačného bitu poruchy.

Ako bolo spomenuté v kapitole SFC13 „DPNRM_DG“ 3.4.3 funkcia SFC13 je spúšťaná na nábežnú hranu premennej REQ. Aktualizáciu premennej zabezpečuje neustále prepínanie premennej BUSY „m2“ (rozpínací kontakt) a premennej REQ „m1“ zapojenej ako cievka, príklad je znázornený na obr.č.4.4 - Network 1.

4.5.2 FC3

Funkcia FC3 je rovnako ako FC2 určená pre volanie SFC13 ale tentokrát pre terminál CPX od firmy FESTO. Diagnostické dáta sú ukladané v dátovom bloku DB3.

4.6 Zápis získaných dát

4.6.1 Signalizačné bity porúch

Všeobecná porucha na sieti Profibus je zaznamenávaná v bloku OB86. Pre každé zariadenie je vyhradený vlastný signalizačný bit v dátovom bloku DB2. Začína sa adresovať od bitu DB2.DBX 66.0 . V nasledujúcej tabuľke č.4.1 je prehľad zapojených zariadení so signalizačnými premennými.

Tab. 4.1: Signalizačné premenné, OB86

por.č.	Názov zariadenia	sign. bit
1.	ET200s	DB2.DBX 66.0
2.	CPX Festo	DB2.DBX 66.1
3.	DP/PA Coupler	DB2.DBX 66.2
4.	Micromaster	DB2.DBX 66.3

4.6.2 Uloženie adries

Adresy sa rovnako ako v predchádzajúcom prípade ukladajú v bloku OB86 do dátového bloku DB2. Zaznamenané sú tri rôzne adresy pre každé zariadenie, a to konkrétne:

- Master address - adresa master zariadenia, ktoré rozpoznalo chybu (hexa)
- Slave address - diagnostická adresa chybného zariadenia (hexa)
- Profibus address - profibusová adresa chybného zariadenia (decimal)

V nasledujúcich tabuľkách č.4.2 a 4.3 sú zobrazené konkrétne adresy pripojených zariadení a príslušné pamäťové miesta, kde sú adresy uložené.

Tab. 4.2: Adresy zariadení pripojených na Profibus sieť

Názov zariadenia	Master adresa	Slave adresa	Profibus adresa
ET200s	7FF _h	7FE _h	5 _d
CPX Festo	7FF _h	7FD _h	12 _d
DP/PA Coupler	7FF _h	7FC _h	11 _d
Micromaster	7FF _h	7FA _h	6 _d

Tab. 4.3: Dátový priestor pre jednotlivé adresy

Názov zariadenia	Master adresa	Slave adresa	Profibus adresa
ET200s	DB2.DBW 68	DB2.DBW 74	DB2.DBB 70
CPX Festo	DB2.DBW 76	DB2.DBW 80	DB2.DBB 78
DP/PA Coupler	DB2.DBW 82	DB2.DBW 86	DB2.DBB 84
Micromaster	DB2.DBW 92	DB2.DBW 96	DB2.DBB 94

4.6.3 Dáta z diagnostiky (SFC13)

ET200s

Dáta z SFC13 sa načítavajú priamo do dátového bloku DB2 v rozmedzí od DBB 0 (byte 0) po DBB 64 (byte 64). Ďalej je nutné uložiť premenné, ktoré vzniknú na základe spracovania týchto dát. To sú premenné popisujúce stavy jednotlivých modulov ET200s. V tabuľke č.4.4 sú umiestnenia premenných v dátovom bloku DB2.

Tab. 4.4: Diagnostické dáta modulov ET200s

MODUL:	OK	Error	Incorrect	No module
Modul č.1	DB2.DBX 98.1	DB2.DBX 98.2	DB2.DBX 98.3	DB2.DBX 98.4
Modul č.2	DB2.DBX 98.5	DB2.DBX 98.6	DB2.DBX 98.7	DB2.DBX 99.0
Modul č.3	DB2.DBX 99.1	DB2.DBX 99.2	DB2.DBX 99.3	DB2.DBX 99.4
Modul č.4	DB2.DBX 99.5	DB2.DBX 99.6	DB2.DBX 99.7	DB2.DBX 100.0
Modul č.5	DB2.DBX 100.1	DB2.DBX 100.2	DB2.DBX 100.3	DB2.DBX 100.4
Modul č.6	DB2.DBX 100.5	DB2.DBX 100.6	DB2.DBX 100.7	DB2.DBX 101.0
Modul č.7	DB2.DBX 101.1	DB2.DBX 101.2	DB2.DBX 101.3	DB2.DBX 101.4

CPX Terminál

Podobne ako u ET200s sa dáta z SFC13 načítavajú priamo do dátového bloku (DB3) od DBB 0 po DBB 64, teda majú vyhradený priestor rovnakej dĺžky. Pozor, rôzne zariadenia môžu vyžadovať väčší priestor pre diagnostické dáta.

V tabulke č.4.5 sú tak ako aj v predchádzajúcom bode zobrazené premenné popisujúce stavy modulov CPX Terminálu.

Tab. 4.5: Diagnostické dáta modulov CPX Terminálu

MODUL:	OK	Error	Incorrect	No module
Modul č.1	DB3.DBX 68.0	DB3.DBX 68.1	DB3.DBX 68.2	DB3.DBX 68.3
Modul č.2	DB3.DBX 68.4	DB3.DBX 68.5	DB3.DBX 68.6	DB3.DBX 68.7
Modul č.3	DB3.DBX 69.0	DB3.DBX 69.1	DB3.DBX 69.2	DB3.DBX 69.3
Modul č.4	DB3.DBX 69.4	DB3.DBX 69.5	DB3.DBX 69.6	DB3.DBX 69.6

4.6.4 Záloha dát

Všetky alarmy sú zálohované pomocou vizualizačného programu WinCC flexible, konkrétne pomocou Alarm Logu na externý disk vo formáte CSV file (Hodnoty oddelené čiarkami – Comma-separated values). Súbor je možné otvoriť jednoducho v programe Microsoft Excel, ukážka: obrázok č.4.5. Dáta sú zálohované podľa nasledovného formátu:

- **Time_ms** - čas alarmu v milisekundách
- **Msg_Proc** - procedúra alarmu
- **State_After** - status alarmu
- **Msg_Class** - číslo triedy alarmu
- **Msg_Number** - číslo alarmu
- **Var1 až Var8** - nevyužité pre diagnostiku
- **Time_String** - dátum a čas alarmu
- **Msg_Text** - názov alarmu
- **PLC** - lokalizácia alarmu (PLC, z ktorého prichádzajú dáta)

Konkrétnejší popis štruktúry CSV súboru je v nasledujúcej tabulke č.4.6.

	A	B	C	D	E	N	O	P
1	Time_ms	MsgProc	StateAfter	MsgClass	MsgNumb	TimeString	MsgText	PLC
2	42128778274	2	3	1	3	4.5.2015 18:40	DP/PA	Connection_1
3	42128778521	2	3	1	2	4.5.2015 18:41	CPX	Connection_1
4	42128779240	2	3	1	1	4.5.2015 18:42	ET200s	Connection_1
5	42128796422	2	2	1	1	4.5.2015 19:06	ET200s	Connection_1

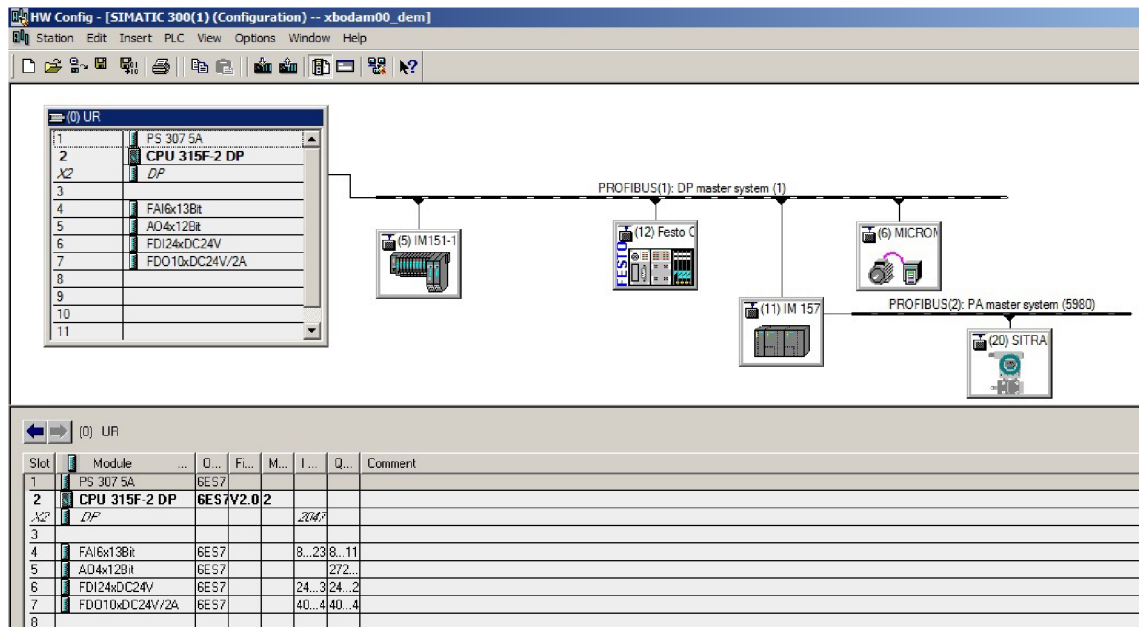
Obr. 4.5: CSV súbor: Alarmy v programe Excel

Tab. 4.6: Štruktúra log súboru v CSV formáte [12]

Parameter	Popis
Time_ms	Špecifická časová značka ako decimálna hodnota
Msg_Proc	Procedúry alarmu: 0 = Neznáma procedúra 1 = Systémový alarm 2 = Bit alarmu procedúry (operačné alarmy) 3 = Číslo alarmovej procedúry ALARM_S 4 = Diagnostická udalosť 7 = Procedúra analógového alarmu 100 = Bit alarmu procedúry (alarmy porúch)
State_After	Stav alarmu: 0 = Prichodzí/Neaktívny 1 = Prichodzí 2 = Prichodzí/Potvrdený/Neaktívny 3 = Prichodzí/Potvrdený 6 = Prichodzí/Neaktívny/Potvrdený
Msg_Class	Trieda alarmu: 0 = bez triedy 1 = „Prerušenie“ 2 = „Prevádzka“ 3 = „Systém“ 64... = Užívateľom definované triedy alarmu
Msg_Number	Číslo alarmu
Var1 to Var8	Hodnoty alarmu ako STRING
Time_String	Časová značka ako STRING, čitateľný formát dátumu a času
Msg_Text	Názov alarmu v STRING
PLC	Lokalizácia alarmu (relevantné PLC)

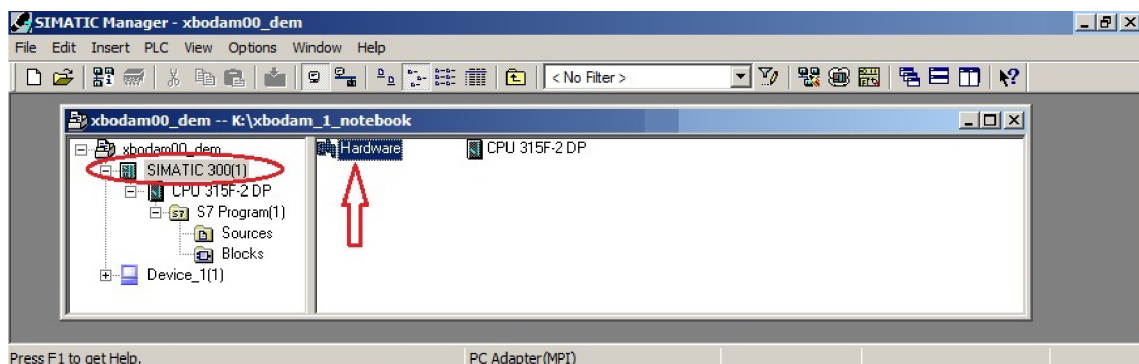
5 HARDVÉROVÁ KONFIGURÁCIA

Na obrázku č.5.1 je znázornená hardvérová konfigurácia v programe SIMATIC Manager.



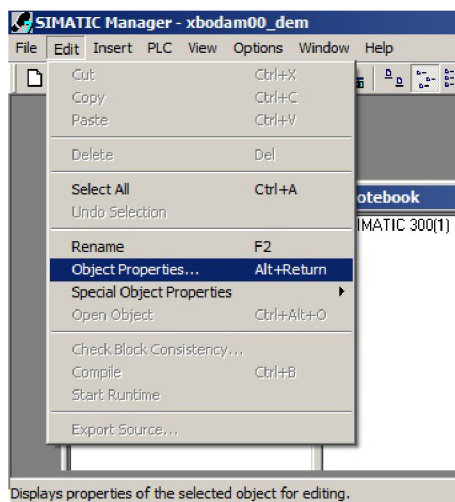
Obr. 5.1: Hardwarová konfigurácia

Editor hardvérovej konfigurácie sa otvorí označením položky „SIMATIC 300(1)“ a následným dvojklikom na položku „Hardware“, obrázok č.5.2.



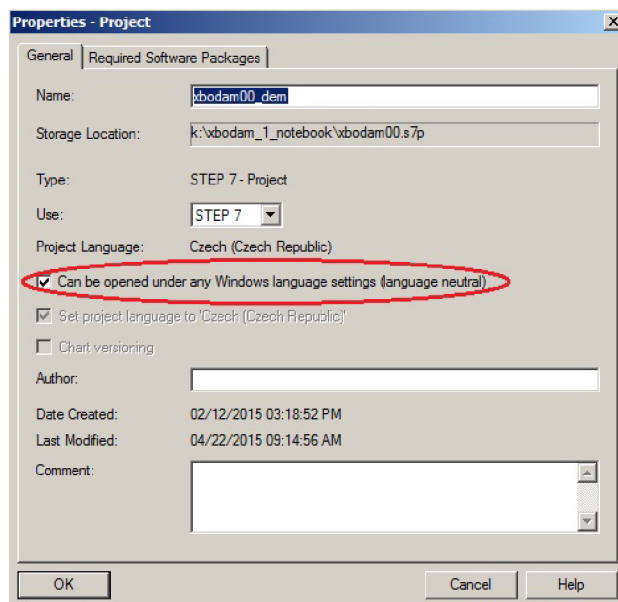
Obr. 5.2: Hardvérový editor v SIMATIC Manageri

Počas programovania tejto práce nastával problém pri spúšťaní projektu z počítačov, na ktorých bol nastavený iný jazyk než ten v ktorom bol programovaný. Riešením je jednoduché nastavenie kompatibility jazykov, ktoré nájdeme v SIMATIC Manageri, obrázok č.5.3.



Obr. 5.3: Nastavenia projektu

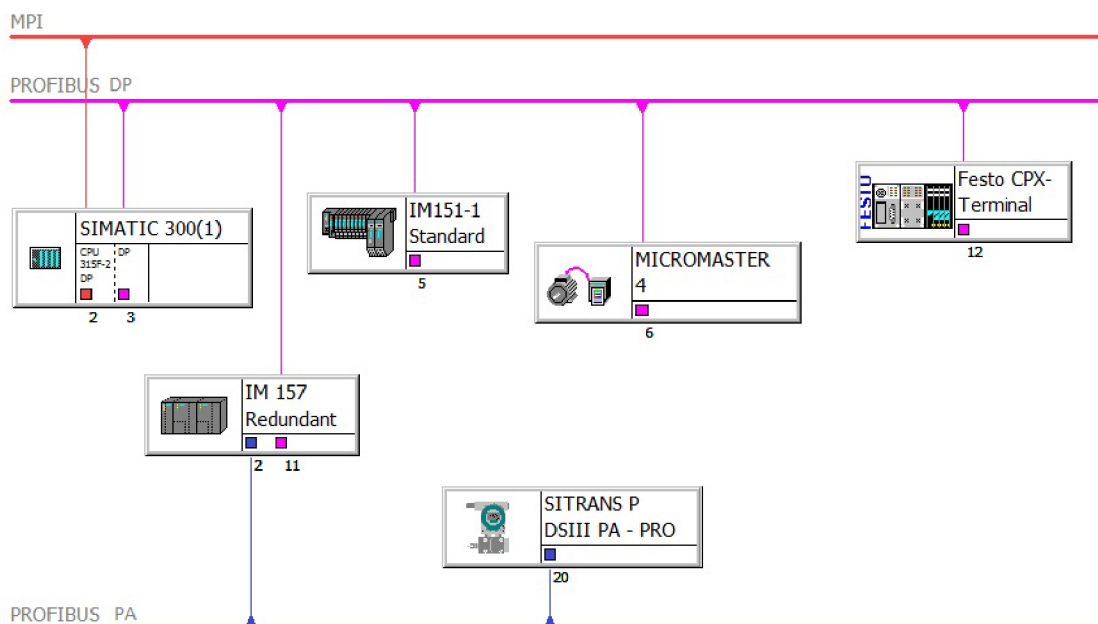
Aby sa otvorilo okno so správnymi nastaveniami tak ako je to na obrázku č.5.4 je nutné mať počas celého úkonu označený celý projekt. Posledným krokom je zaškrtnutie položky „language neutral“.



Obr. 5.4: Jazyk projektu

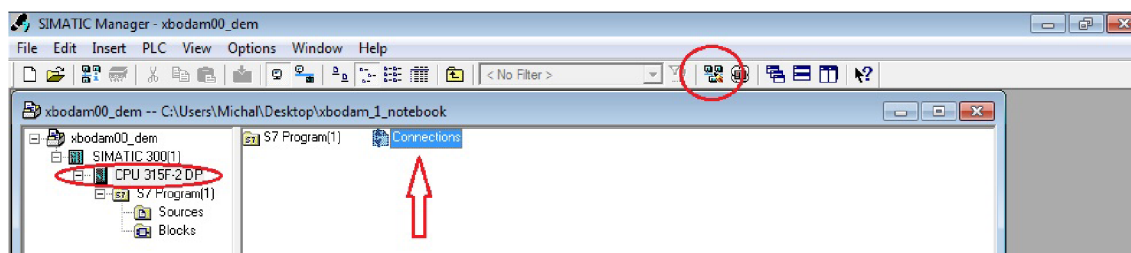
6 SIEŤOVÁ KONFIGURÁCIA

Sieťová konfigurácia, obrázok č.6.1, bola vygenerovaná automaticky z hardvérovej konfigurácie, avšak dá sa vytvárať a upravovať samostatne vo vlastnom editore.



Obr. 6.1: Sieťová konfigurácia v STEP 7

Editor sa spúšťa označením položky „CPU 315F-2 DP“ a následne dvojklikom na položku „Connections“ alebo kliknutím na ikonu „Configure Network“ v panely nástrojov, obrázok č.6.2.

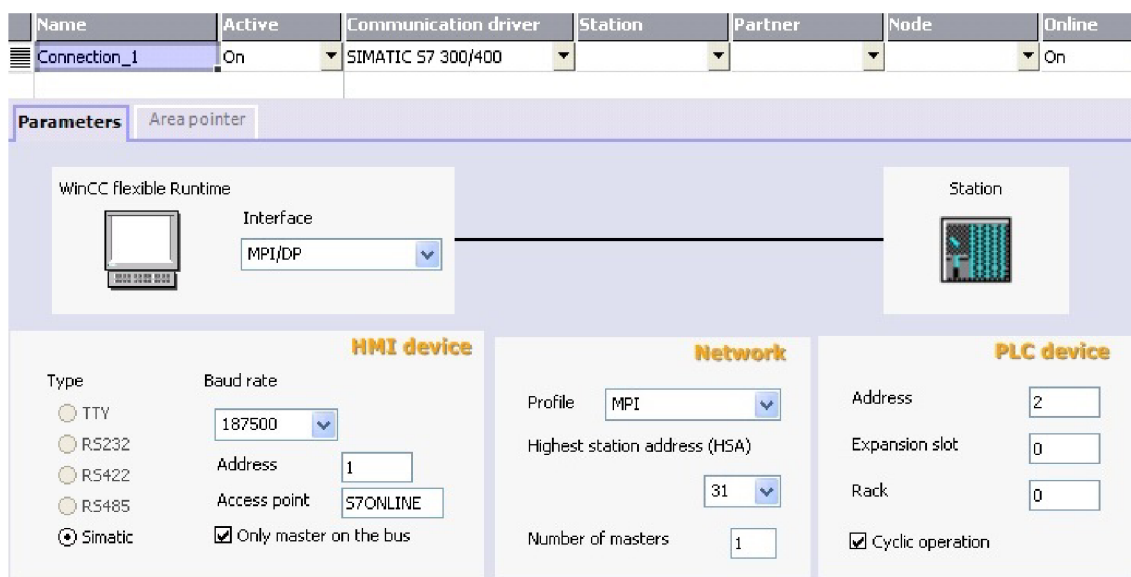


Obr. 6.2: Spustenie editora pre sieťovú konfiguráciu

7 VIZUALIZÁCIA

7.1 WinCC flexible

Vizualizácia je vytvorená v programe WinCC flexible od firmy Siemens. Tento program slúži na procesnú vizualizáciu vo všetkých odvetviach priemyslu. Taktiež priamo spolupracuje s programom Step 7, preto je komunikácia veľmi rýchla a spoľahlivá. Na obrázku č.7.1 je nastavenie komunikácie medzi Step 7 a spomínaným programom WinCC.



Obr. 7.1: Komunikácia WinCC a Step7

Vizualizačný program je v angličtine a to hlavne z dôvodu univerzálnosti.

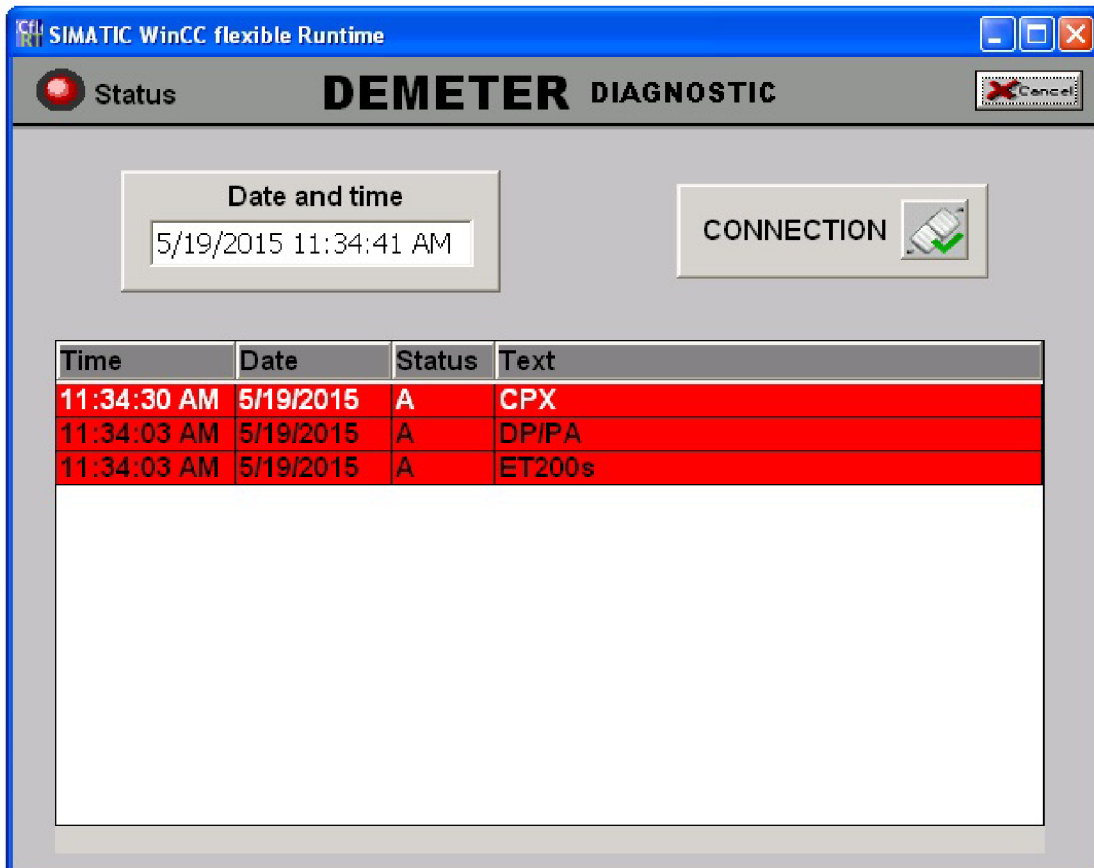
7.2 Hlavná obrazovka

Na obrázku číslo 7.2 je úvodná obrazovka programu, ktorá dáva užívateľovi základné informácie o stave siete. V pravom hornom rohu je umiestnené tlačidlo „Cancel“, ktorým sa ukončí vizualizácia diagnostiky. Tlačidlo je k dispozícii v akomkoľvek okne programu.

V ľavom hornom rohu je svetelná signalizácia stavu komunikácie : zelená pre bezporuchový stav a červená pre poruchu. Poruchy sú zaznamenávané vo forme jednotlivých alarmov v alarmovom okne. Informácie o poruche sú v danom formáte:

- Time - čas zaznamenania poruchy
- Date - dátum zaznamenania poruchy

- Status - stav alarmu:
 - A - Arrived (detekovaná chyba)
 - D - Departed (odstránená chyba)
 - ACK - Acknowledged (oboznámenie, zobrazená chyba)
- Text - názov alarmu



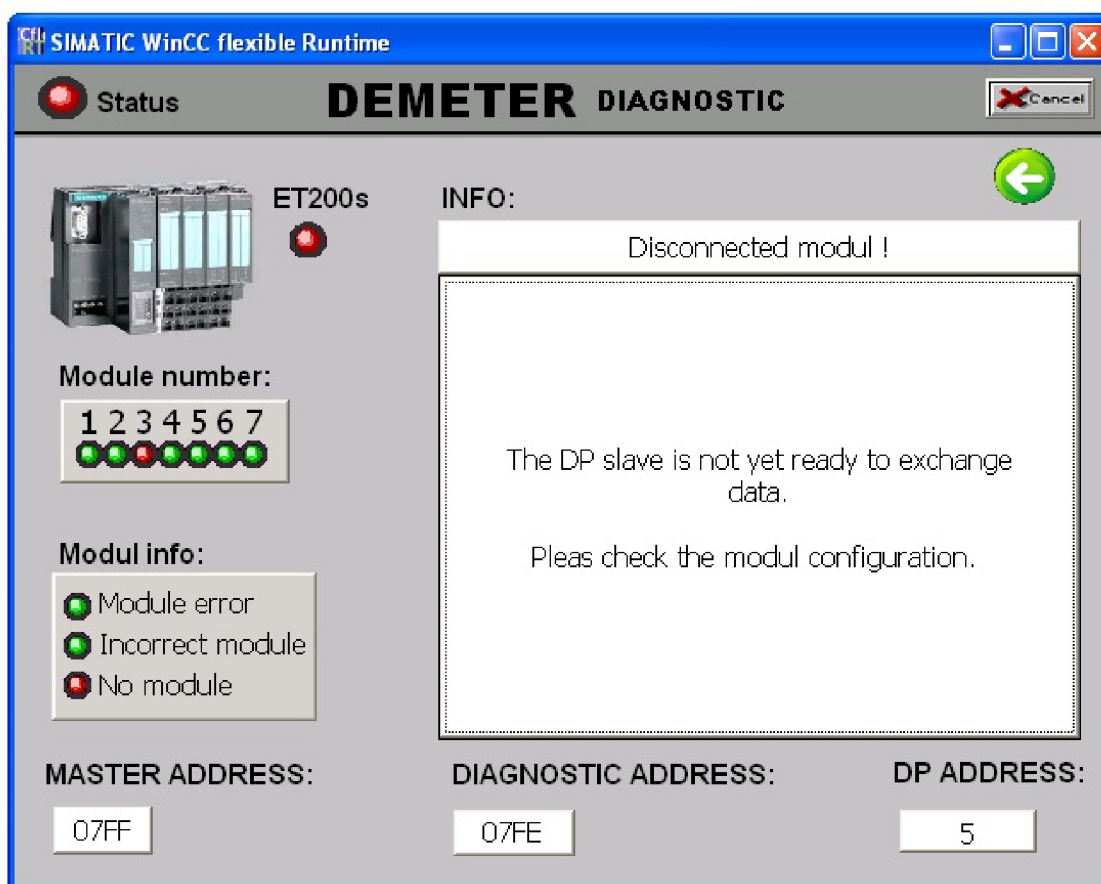
Obr. 7.2: Úvodná obrazovka

Alarm štandardne bliká na červeno, až do momentu, kým ho užívateľ neotvorí dvojklikom. Ak je užívateľ oboznámený s chybou, alarm prestane blikáť, ale zostáva zapísaný v alarmovom okne. Ak bola chyba odstránená ešte pred tým ako sa s ňou užívateľ oboznámil, tak je rovnako signalizovaná červeným blikaním, až do momentu oboznámenia. V momente kedy je chyba odstránená a užívateľ je s ňou oboznámený alarm zaniká a vymazáva sa z alarmovej tabuľky.

Dvojklikom na alarm sa užívateľ dostane do detailného popisu chybného zariadenia, obrázok č.7.3.

Ďalej je k dispozícii zobrazenie aktuálneho dátumu a času a taktiež tlačidlo CONNECTION, ktorým sa užívateľ dostane do schematického prehľadu zapojenia siete Profibus DP 7.4.

7.3 Detail chybného zariadenia



Obr. 7.3: Porucha na zariadení ET200s

Na obrázku č.7.3 je príklad zobrazenia detailu poruchy na SIMATIC ET200s. V ľavej hornej časti je ilustračný obrázok zariadenia s LED signalizáciou poruchy. Pod ilustračným obrázkom sa nachádza diagnostika modulov, to znamená číslo chybného modulu a dôvod jeho poruchy.

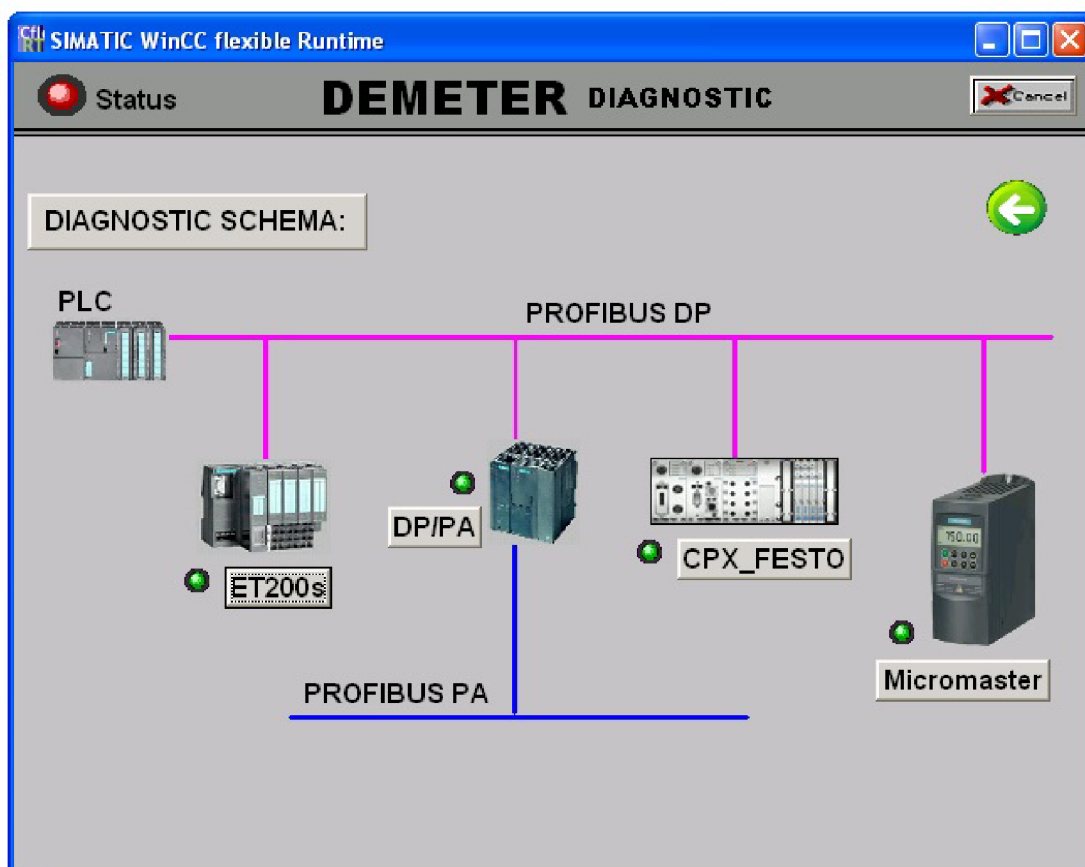
V spodnej časti obrazovky sú umiestnené tri adresy:

- MASTER ADDRESS - adresa master zariadenia, ktoré hlási chybu
- DIAGNOSTIC ADDRESS - diagnostická adresa chybného slave zariadenia
- DP ADDRESS - fyzická adresa zariadenia na sieti Profibus DP

V neposlednom rade je k dispozícii informačná tabuľka, kde sú detailnejšie informácie pre užívateľa o danej poruche.

7.4 Prehľad siete

V ďalšom okne vizualizačného programu je zobrazený schematický náčrt siete Profibus DP, obrázok číslo 7.4. Užívateľ vidí pomocou LED signalizácie jednotlivé chybné zariadenia. Ďalej má k dispozícii tlačidlo „späť“ v pravej hornej časti obrazovky, ktorým sa dostane do úvodnej obrazovky.

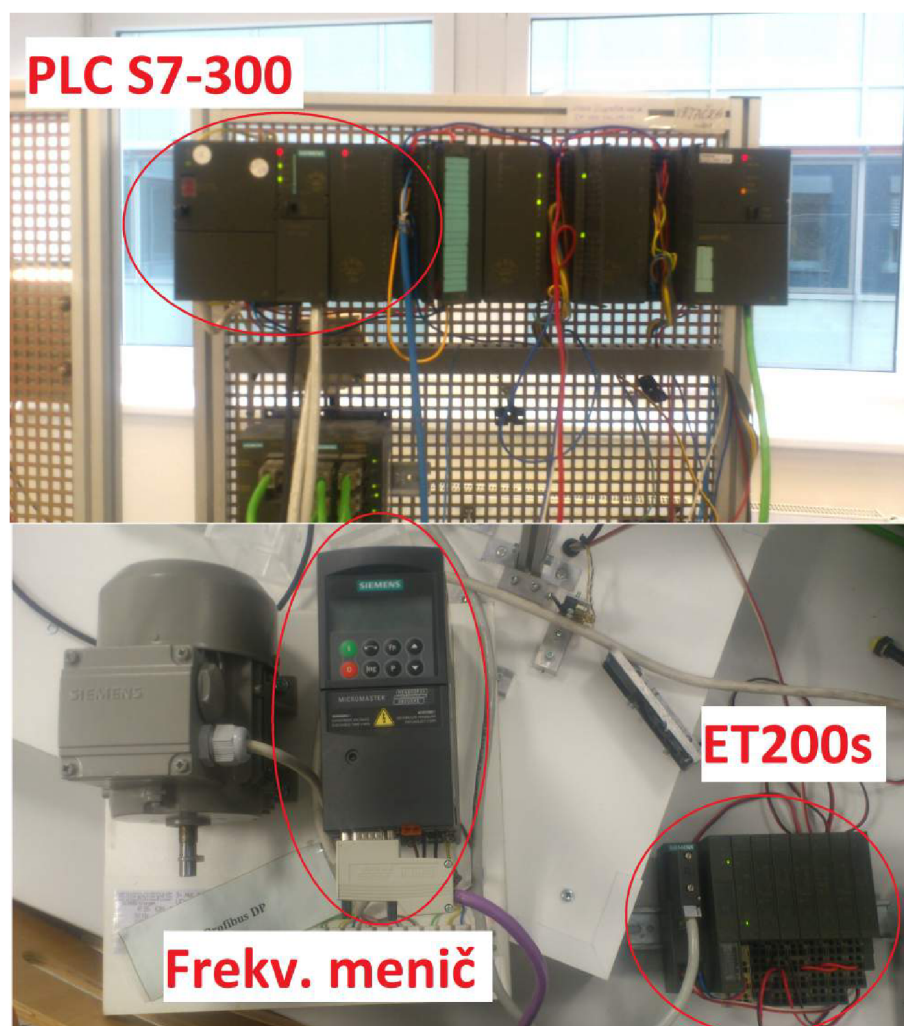


Obr. 7.4: Prehľad siete Profibus DP

8 LABORATÓRNY PRÍPRAVOK

Fyzicky je zapojenie siete PROFIBUS DP realizované v školských laboratóriách. Na obrázku č.8.1 je riadiace PLC, ktoré obsahuje diagnostický program.

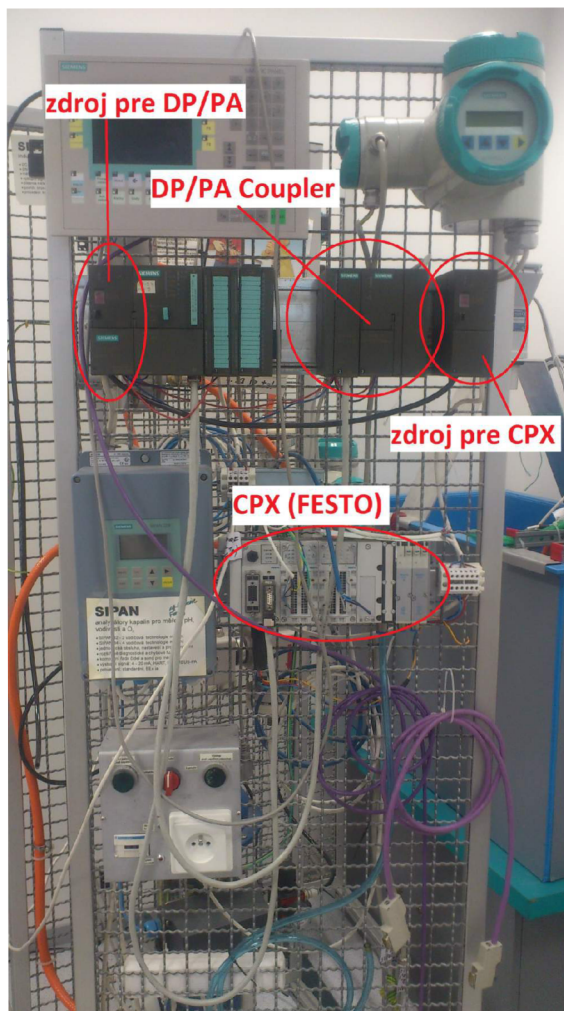
Cez PROFIBUS je PLC prepojené s decentralizovanými zariadeniami: frekvenčným meničom, vstupno-výstupnou jednotkou ET200s, ventilovým ostrovom CPX od firmy FESTO a DP/PA prevodníkom.



Obr. 8.1: PLC s frekvenčným meničom a ET200s

Frekvenčný menič je napájaný samostatne, štandardne 230 V AC zo siete. Jednotka ET200s je napájaná zo zdroja PLC.

Na obrázku č.8.2 je laboratórny prípravok zo staršieho školského projektu. Je to konzola, na ktorej sú osadené jednotlivé prístroje slúžiace na reguláciu a ovládanie hydraulického a pneumatického systému.



Obr. 8.2: Laboratórny prípravok

Avšak je to postačujúci prípravok na testovanie komunikácie, pretože obsahuje zariadenia DP/PA Coupler a ventilový blok CPX, ktoré komunikujú cez rozhranie PROFIBUS DP.

Samotné PLC S7-300 z obrázku č.8.2 sa v tejto práci nevyužíva. Dôležité sú iba dve spomínané zariadenia a ich zdroje napájania.

9 ZÁVĚR

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo vytvoriť program, ktorý diagnostikuje zariadenia na sieti PROFIBUS DP a priblížiť sa k čo najdetailnejšiemu popisu poruchy.

Výsledkom je program, ktorý užívateľovi poskytuje okamžité varovanie v podobe alarmu ak nastane porucha v sieti PROFIBUS DP. Program informuje užívateľa o názve zariadenia, ktoré poruchu spôsobilo a rovnako aj o dôvode poruchy. Samozrejme sú k dispozícii konkrétne adresy chybného zariadenia.

Pri zariadeniach, ktoré sú modulárne, v tomto prípade decentralizovaná vstupno-výstupná jednotka ET200s a ventilový ostrov CPX od firmy FESTO sú k dispozícii detailnejšie informácie o jednotlivých moduloch.

Diagnostika je rýchla a robustná vďaka tomu, že je umiestnená priamo v riadiacom PLC a nepripája sa dodatočne k sieti.

Štruktúra okien vo vizualizácii je navrhnutá veľmi jednoducho aby užívateľovi čo najrýchlejšie a najpohodlnejšie poskytla dôležité informácie o sieti PROFIBUS DP bez zbytočného odklikávania rušivých pop-up okien.

LITERATÚRA

- [1] BÉLAI, Igor a Marek DURFINA. Priemyselné komunikačné zbernice. [online]. 2009 [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: http://ap.urpi.fei.stuba.sk/pkom/html/download/kapitola_4.pdf
- [2] PÁSEK, Jan. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 30.11.2007.
- [3] SPX FLOW TECHNOLOGY S.R.O. *Demeter – Automation Hardware Architecture (Wet part)*. 2. vyd. Brno, 5.11.2013.
- [4] ZEŽULKA, František a Ondřej HYNČICA. Průmyslový Ethernet VIII: Ethernet Powerlink, Profinet. *AUTOMA* [online]. 2008, č. 5 [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37288.pdf>
- [5] SIEMENS AG, *SIMATIC, ET 200S distributed I/O IM151-1 STANDARD interface module (6ES7151-1AA05-0AB0)*. 07/2008, 68 s.
- [6] IFM ELECTRONIC, *Device Manual AS-i Gateway Profibus DPV1 model AC1375/AC1376*. 02/2012, 523 s.
- [7] SIEMENS AG, *SIMATIC, Bus links DP/PA coupler, active field distributors, DP/PA Link and Y Link*. 07/2011, 266 s.
- [8] REIMANN, U. a H. HOHNER. *Festo, CPV valve terminal with direct connection: Electronics manual*. Germany, 2005. en0503d.
- [9] SIEMENS AG, *System Software for S7-300/400 System and Standard Functions - Volume 1/2*. 11/2007, A5E00709327-01.
- [10] VOJANEC, Jakub. SIEMENS I IA&DT AS. *Systémová diagnostika: ŘS Simatic S7*. 08/2010, 48 s.
- [11] SIEMENS AG. *SIMATIC: PC Adapter USB [Manuál]*. 10/2007, A5E01134250-01, 38 s.
- [12] SIEMENS AG, *Siemens HMI WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced*. 07/2008, A5E01024750-02, 466 s.
- [13] SIEMENS AG, *MICROMASTER: PROFIBUS-Rozšiřovací modul [Návod k obsluze] - vydanie 02/02*. 6SE6400-5AK00-0AP0, 67 s.

ZOZNAM SYMBOLOV, VELIČÍN A SKRATIEK

RS	Doporučený štandard – Recommended Standard
DP	Decentralizované Periférie – Decentralized Periphery
PA	Procesná automatizácia – Process Automation
IO	Input/Output
IS	Iskrovo bezpečné – Intrinsically Safe
FDL	Zbernicové dátové spojenie – Fieldbus Data Link
PLC	Programovateľný logický automat – Programmable Logic Controller
OSI	Referenčný komunikačný model – Open Systems Interconnection reference model
MBP	Synchrónne kódovanie napájané zo zbernice – Manchester coding and Bus Powered
SCADA	Centrálny ovládací a kontrolný systém – Supervisory Control And Data Acquisition
SFC	Systémové funkcie – System Functions
SFB	Systémové funkčné bloky – System Function Bloks
OB	Organizačné bloky – Organization Bloks
CSV	Hodnoty oddelené čiarkami – Comma-separated values
HMI	Rozhranie medzi človekom a strojom – Human Machine Interface
CPU	Centrálna procesorová jednotka – Central Processing Unit

ZOZNAM PRÍLOH

A	Obsah priloženého CD	52
A.1	Program z PLC a vizualizácia	52
A.1.1	Verzie programov použité pri tvorbe diagnostiky:	52
A.2	Výpis programu	52

A OBSAH PRILOŽENÉHO CD

Priložené CD obsahuje elektronickú verziu bakalárskej práce, ktorá je zhodná s originálom. Súbor je vo formáte PDF s názvom „Boda_2015“.

A.1 Program z PLC a vizualizácia

V priloženom CD sa nachádza program diagnostiky v STEP 7 a taktiež jeho vizualizácia vo WinCC. Program je uložený ako projekt programu SIMATIC Manager priamo na disku s názvom „**xbodam_1**“.

Bez použitia SIMATIC Manageru nájdeme spúšťačí súbor diagnostickej aplikácie na disku danou cestou:

```
„\xbodam_1\HmiEs\PROJECT_2\PROJECT_2.Device_1(1)“
```

A.1.1 Verzie programov použité pri tvorbe diagnostiky:

- SIMATIC Manager (c)STEP 7 -S7/M7/C7
 - Version: V5.5, Revision level: V5.5.0.0
 - Version: V5.5+SP1, Revision level: K5.5.1.0
- SIMATIC WinCC flexible 2008
 - Version: V1.3.0.0_1.83.0.1

A.2 Výpis programu

CD obsahuje taktiež výpis programu z PLC vo formáte PDF a z WinCC vo formáte XPS. Tento výpis je umiestnený v priečinku s názvom „dokumentácia“.

Popis jednotlivých PDF súborov:

- DB2 - dáta z SFC13 pre ET200s + signalizačné bity zariadení a adresy
- DB3 - dáta z SFC13 pre CPX FESTO
- DB4 - dáta z SFC13 pre DP/PA Coupler
- FC1 - testovacia funkcia
- FC2 - diagnostika ET200s cez SFC13
- FC3 - diagnostika CPX FESTO cez SFC13
- FC4 - diagnostika DP/PA Coupler cez SFC13
- FC10 - podmienené volanie funkcií FC2, FC3 a FC4
- OB1 - volanie testovacej a diagnostickej funkcie
- OB86 - diagnostika komunikácie
- WinCC - vygenerovaná dokumentácia (tagy, screeny...)